

LAPORAN

PERAWATAN DAN MONITORING TERUMBU KARANG TRANSPLANTASI DAN FISH APARTMENT

Di Pulau Pangerungan Besar
Periode II - Oktober 2021



PT Pertamina Gas Operation East Java Area
Jl. Darmokali No. 40-42, Darmo, Wonokromo, Surabaya - 60241

DKPU Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Gd. Research Center, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya - 60111

LAPORAN
PERAWATAN DAN MONITORING TERUMBU KARANG
DAN FISH APARTMENT PERIODE II – OKTOBER 2021
DI PULAU PAGERUNGAN BESAR

DKPU ITS

User HSE
PT Pertamina Gas EJA

Head QHSSE
PT Pertamina Gas EJA

Tri Joko Wahyu Adi, Ph.D Nadhilah Dhina Shabrina Fithro Rizki



LAPORAN
PERAWATAN DAN MONITORING TERUMBU KARANG
DAN FISH APARTMENT PERIODE II – OKTOBER 2021
DI PULAU PAGERUNGAN BESAR

PT. Pertamina Gas Operation East Java Area (OEJA)
DKPU Institut Teknologi Sepuluh Nopember



© PT. Pertamina Gas OEJA 2021

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Laporan kegiatan ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pangerungan Besar’ ini diterbitkan atas dasar prakarsa dari pihak PT. Pertamina Gas OEJA.

Diterbitkan dalam Bahasa Indonesia, atas kerjasama antara PT. Pertamina Gas OEJA dengan DKPU Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Informasi yang terkandung dalam dokumen ini dapat diperbanyak secara keseluruhan maupun sebagian untuk kepentingan ilmiah dan tidak untuk diperjualbelikan. Memperbanyak dokumen ini untuk kepentingan selain diatas harus mendapatkan ijin dari PT. Pertamina Gas OEJA; Jl. Darmokali No. 40-42, Darmo, Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur – 60241.



KATA PENGANTAR

Terumbu karang dikenal sebagai suatu sumberdaya alam yang memiliki nilai strategis dalam menunjang pembangunan yang berkeadilan dan berkelanjutan. Terumbu karang termasuk dalam kategori kawasan lindung (berdasarkan Peraturan Pemerintah nomor 26 tahun 2008 dan Undang-undang nomor 32 tahun 2009), yaitu kawasan atau wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan.

Berdasarkan hasil Studi Pendahuluan Kondisi Sosial Ekonomi dan Lingkungan Desa Pagerungan Besar Tahun 2020, diketahui bahwa terumbu karang di pesisir barat dan selatan Pulau Pagerungan Besar termasuk dalam kondisi ‘rusak’ hingga ‘sedang’ dengan persentase penutupan karang hidup sebesar 19.05-26.05%. Dengan demikian, perlu dilakukan upaya rehabilitasi dan restorasi terumbu karang untuk memulihkan kondisi terumbu karang di lokasi tersebut.

Sebagai salah satu bentuk nyata kepedulian terhadap kelestarian ekosistem laut dan terumbu karang, maka PT Pertamina Gas Operation East Java Area (PT Pertagas OEJA) berinisiatif untuk melakukan upaya rehabilitasi terumbu karang di perairan sekitar Pulau Pagerungan Besar, Kabupaten Sumenep. Bentuk rehabilitasi yang dilakukan adalah melalui terumbu buatan (*artificial reef/AR*) dan transplantasi fragmen karang.

Keberadaan terumbu karang secara langsung mendukung sektor perikanan tangkap yang memiliki peran penting dan strategis di Indonesia, setidaknya dapat dilihat dari tiga peran, yaitu sumber pertumbuhan ekonomi, sumber pangan khususnya protein hewani dan penyedia lapangan kerja; bahkan menjadi ‘jaring pengaman’ ketika sumber penghasilan lainnya gagal. Perikanan tangkap di Indonesia memiliki peran yang besar terhadap produksi perikanan tangkap dunia.

Meskipun memiliki potensi yang besar, terdapat kecenderungan bahwa pada beberapa Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) di Indonesia telah terjadi penangkapan berlebih (*overfishing*). Kemungkinan terjadinya *overfishing* dan/atau

overcapacity potensi perikanan diperkirakan juga terjadi di perairan sekitar Kepulauan Kangean (termasuk Pagerungan Besar). Berdasarkan hasil Studi Pendahuluan Kondisi Sosial-Ekonomi dan Lingkungan Desa Pagerungan Besar Tahun 2020, kelompok ikan *target species* (diberi nama sedemikian karena umumnya menjadi target tangkapan utama oleh nelayan) hanya terdiri dari 8 spesies dari 4 famili dengan kelimpahan total sebanyak 25 individu atau 1.657% dari total populasi ikan di titik pengamatan barat dan selatan pulau.

Sebagai salah satu bentuk nyata kepedulian terhadap kelestarian ekosistem laut dan terumbu karang, maka PT Pertamina Gas Operation East Java Area (PT Pertagas OEJA) berinisiatif untuk melakukan upaya rehabilitasi terumbu karang di perairan sekitar Pulau Pagerungan Besar, Kabupaten Sumenep. Lebih lanjut, dengan tujuan untuk mempercepat pemulihan fungsi ekologis terumbu karang sebagai daerah pemijahan, pengasuhan serta pertumbuhan ikan; maka juga dilaksanakan pembuatan dan peletakan rumah ikan (*fish apartment*). Aplikasi rumah ikan juga dimaksudkan untuk mempercepat rehabilitasi habitat yang mengalami kerusakan dan meningkatkan produktivitas perikanan yang pada akhirnya diharapkan dapat membantu meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat pesisir yang pendapatannya tergantung pada sektor perikanan. Kegiatan peletakan terumbu buatan dan transplantasi karang serta peletakan rumah ikan (*fish apartment*) yang dimaksud diatas telah dilaksanakan pada Oktober hingga November 2020.

Salah satu kegiatan yang harus dilaksanakan setelah program tersebut adalah kegiatan pemantauan dan perawatan secara periodik dan kontinu untuk mengevaluasi kondisi karang transplan dan keberhasilan transplantasi serta peletakan rumah ikan secara keseluruhan. Laporan ini memuat deskripsi mengenai kegiatan pemantauan tersebut mulai dari aspek metodologi hingga hasil pemantauan dan evaluasi hasil secara umum. Laporan ini diharapkan juga dapat memenuhi fungsinya sebagai salah satu alat untuk melaksanakan upaya pengelolaan dan pemantauan lingkungan dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan.

Surabaya, Oktober 2021
Penyusun



DAFTAR ISI

	Hal.
Kata pengantar	iv
Daftar isi	vi
Daftar tabel	viii
Daftar gambar	ix
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Landasan Hukum	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.4 Ruang Lingkup Pekerjaan	5
1.5 Konsep dan Sistematika Pelaporan	5
1.6 Tim Penyusun	6
1.6.1 Pemrakarsa	6
1.6.2 Pelaksana	6
 BAB II TINJAUAN TRANSPLANTASI KARANG DAN RUMAH IKAN	
2.1 Profil PT Pertamina Gas	7
2.2 Desa Pagerungan Besar Kecamatan Sapeken	10
2.3 Waktu Dan Lokasi Transplantasi Karang dan Peletakan Rumah Ikan	11
2.4 Pelaksanaan Transplantasi Karang	14
2.4.1 Substrat / Media Transplantasi	14
2.4.2 Spesies Karang Transplantasi	14
2.4.3 Hasil Transplantasi Karang	16
2.5 Pelaksanaan Peletakan Rumah Ikan	17
2.5.1 Struktur Rumah Ikan	17
2.5.2 Hasil Kegiatan Peletakan Rumah Ikan	18
2.6 Hasil Pemantauan Terdahulu	19
2.6.1 Pemantauan Kondisi Terumbu Buatan dan Karang Transplantasi	20
2.6.2 Pemantauan Kondisi Rumah Ikan	23

BAB III METODOLOGI KEGIATAN	
3.1 Waktu dan Lokasi Pemantauan	26
3.2 Perawatan dan Monitoring Karang Transplantasi	26
3.2.1 Pemeliharaan Karang Transplantasi	26
3.2.2 Penyulaman Karang Transplantasi	27
3.2.3 Pengukuran Kesintasan Karang Transplantasi	27
3.2.4 Pengamatan Fauna Asosiasi	28
3.3 Perawatan dan Monitoring Rumah Ikan	29
3.3.1 Perawatan Unit Rumah Ikan	29
3.3.2 Pengamatan Ikan Karang	29
 BAB IV HASIL PEMANTAUAN TRANSPLANTASI KARANG	
4.1 Kondisi Umum Perairan	33
4.2 Kondisi Umum Terumbu Buatan dan Karang Transplantasi	34
4.3 Kesintasan Karang Transplantasi	36
4.4 Pertumbuhan Karang Transplantasi	37
4.5 Fauna Asosiasi	40
4.5.1 Biota Predator Karang	41
4.5.2 Ikan Karang	41
4.5.3 Biota Sésil	44
 BAB V HASIL PEMANTAUAN KONDISI RUMAH IKAN	
5.1 Kondisi Umum Unit Rumah Ikan	46
5.2 Kondisi Komunitas Ikan	48
5.2.1 Komposisi dan Kelimpahan Spesies	48
5.2.2 Nilai Indeks Ekologi	54
 BAB VI PENUTUP	
6.1 Ringkasan	57
6.2 Kesimpulan	58
6.3 Saran dan Rekomendasi	58
 REFERENSI	60



DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Hal.
2.1	Posisi Geografis Titik Penempatan Rumah Ikan (<i>Fish Apartment</i>)	12
2.2	Spesies Karang yang Ditanam pada Program Transplantasi Karang di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020	15
3.1	Kriteria Penilaian Tingkat Keanekaragaman berdasarkan Nilai Indeks Diversitas Shannon-Wiener (H')	31
3.2	Kriteria Kelimpahan Ikan Terumbu Karang berdasarkan COREMAP	32
4.1	Hasil Rata-rata Pengukuran Faktor Fisik dan Kimia Perairan pada Oktober 2021	33
4.2	Kesintasan (<i>Survival Rate</i>) Karang Transplantasi pada Periode Oktober 2021	36
4.3	Perbandingan Kesintasan (<i>Survival Rate</i>) Karang Transplantasi pada Periode November 2020, April dan Oktober 2021	36
4.4	Beberapa Spesies Ikan Karang yang Terdapat Disekitar Unit Frame Terumbu Buatan Pada Oktober 2021	42
5.1	Komposisi dan Kelimpahan Spesies Ikan di Sekitar Unit Rumah Ikan (<i>Fish Apartment</i>) pada Oktober 2021	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Hal.
2.1	Logo korporat PT Pertamina Gas	7
2.2	Peta administrasi Desa Pagerungan Besar Kecamatan Sapeken Kabupaten Sumenep dan lokasi transplantasi terumbu karang serta peletakan modul rumah ikan (<i>fish apartment</i>)	11
2.3	Peta lokasi dan ilustrasi penempatan unit terumbu buatan (gambar atas) dan peletakan rumah ikan (<i>fish apartment</i>) (gambar bawah) di Pulau Pagerungan Besar pada tahun 2020	13
2.4	Bentuk, model dan dimensi rangka besi untuk terumbu buatan dan media transplantasi karang pada kegiatan “Transplantasi Karang di Perairan Pagerungan Besar Tahun 2020	15
2.5	Beberapa spesies karang yang digunakan sebagai koloni induk untuk diambil bibit atau fragmen karang transplan	16
2.6	Contoh fragmen-fragmen karang transplan yang telah ditanam atau ditransplantasikan pada terumbu buatan	17
2.7	Unit-unit sub-modul yang telah dirangkai menjadi modul rumah ikan dan telah dilengkapi dengan tali atraktor serta siap untuk diangkut menuju ke lokasi peletakan (penenggelaman)	18
2.8	Modul-modul rumah ikan yang telah disusun dalam koloni-koloni disekitar posisi pipa gas milik PT Pertamina Gas OEJA di Pulau Pagerungan Besar	19
2.9	Beberapa contoh kondisi frame terumbu buatan dan pertumbuhan fragmen karang setelah 6 bulan pasca transplantasi (April 2021)	20
2.10	Contoh fragmen karang yang telah menunjukkan pertumbuhan biomassa fragmen karang; baik melalui pertumbuhan panjang, pertumbuhan diameter koloni maupun pertumbuhan jumlah cabang	21
2.11	Koloni (<i>schooling</i>) ikan Sembilang (famili Plotosidae) yang terdapat disekitar frame terumbu buatan dan area transplantasi dan koloni ascidian <i>Didemnum molle</i> yang tumbuh pada permukaan frame terumbu buatan pada saat pemantauan periode April 2021	22
2.12	Gambaran umum kondisi rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada April 2021; semua modul masih berdiri kokoh dan dalam kondisi yang baik	23

Gambar	Judul	Hal.
2.13	Beberapa spesies ikan dari famili Scaridae, Acanthuridae dan Mullidae yang terdapat disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada April 2021	24
2.14	Grafik ilustrasi jumlah spesies dan kelimpahan ikan berdasarkan grup pemanfaatan yang terdapat disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada April 2021	24
3.1	Kegiatan perawatan berupa pembersihan fragmen karang transplantasi dari sedimen dan <i>turf algae</i>	27
3.2	Penyulaman fragmen karang yang hilang atau mengalami kematian	28
3.3	Pengamatan ikan dengan teknik <i>underwater visual census</i> (UVC) disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>)	29
4.1	Contoh kondisi frame terumbu buatan dan pertumbuhan fragmen karang setelah 6 bulan pasca transplantasi atau April 2021 dan 11 bulan pasca transplantasi atau Oktober 2021	34
4.2	Contoh karang yang ditumbuhi dan berkompetisi dengan <i>turf algae</i> dan fragmen karang mati yang ditumbuhi oleh spons laut	37
4.3	Contoh pertumbuhan karang pada April 2021 dan Oktober 2021	38
4.4	Contoh fragmen karang yang telah menunjukkan penambahan biomassa fragmen karang	39
4.5	Ikan-ikan Pomacentridae remaja (juvenile) dan dewasa yang menjadikan koloni karang transplantasi sebagai mikrohabitat	41
4.6	Beberapa spesies ikan yang terdapat di area disekitar frame terumbu buatan pada Oktober 2021	43
4.7	Beberapa spesies invertebrata yang tumbuh menempel atau terdapat disekitar frame terumbu buatan pada saat pemantauan periode Oktober 2021	44
4.7	Koloni juvenil karang <i>Seriatopora hystrix</i> yang melakukan rekrutmen dan tumbuh pada permukaan frame terumbu buatan pada saat pemantauan periode Oktober 2021	45
5.1	Gambaran umum kondisi rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada Oktober 2021; semua modul masih berdiri kokoh dan dalam kondisi yang baik	46
5.2	Beberapa <i>marine growth</i> yang tampak tumbuh pada permukaan unit modul rumah ikan, misalnya <i>feather star</i> (Crinoidea) dan berbagai spesies Ascidia seperti <i>Polycarpa aurata</i>	47
5.3	Gastropoda dan rekrutmen karang keras yang tumbuh dan berhabitat di unit rumah ikan	48
5.4	Beberapa spesies ikan dari famili Scaridae, Siganidae dan Mullidae yang terdapat disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada Oktober 2021	50
5.5	Grafik ilustrasi jumlah spesies, kelimpahan dan nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H') komunitas ikan berdasarkan grup pemanfaatan yang terdapat disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada Oktober 2021	51
5.6	Beberapa spesies ikan famili Lethrinidae, Serranidae, Mullidae, Balistidae dan Nemipteridae yang tertangkap oleh nelayan lokal dari area disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada Oktober 2021	53

Gambar	Judul	Hal.
5.7	Beberapa spesies ikan yang terdapat di area disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) pada Oktober 2021	54
5.8	Grafik ilustrasi dinamika jumlah spesies, kelimpahan dan nilai indeks diversitas (H') komunitas ikan <i>target species</i> disekitar unit rumah ikan (<i>fish apartment</i>) antara tahun 2020 hingga 2021	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Terumbu karang adalah kumpulan karang dan atau suatu ekosistem karang yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur bersama-sama dengan biota yang hidup didasar laut lainnya serta biota lain yang hidup bebas di dalam perairan sekitarnya (KepMen LH No. 201 Th. 2004). Di Indonesia, terumbu karang termasuk dalam kategori kawasan lindung (berdasarkan PP No. 26 Th. 2008 dan UU No. 32 Th. 2009), yaitu kawasan atau wilayah yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk melindungi kelestarian lingkungan hidup mencakup sumberdaya alam dan sumberdaya buatan.

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang sangat kompleks dengan keanekaragaman hayati tinggi dan memiliki banyak fungsi ekologis maupun ekonomis. Fungsi ekologis terumbu karang adalah sebagai bentang alam penahan gelombang bagi kawasan pesisir serta menjadi habitat bagi berbagai macam biota laut. Secara ekonomis, terumbu karang menyediakan barang dan jasa bagi jutaan penduduk lokal di daerah pesisir, termasuk dalam nilai tersebut adalah makanan, pendapatan dari perikanan, nilai ilmu pengetahuan, farmasi, dan pendidikan.

Terumbu karang dikenal sebagai suatu sumberdaya alam yang memiliki nilai strategis dalam menunjang pembangunan yang berkeadilan dan berkelanjutan. Namun, terumbu karang juga merupakan salah satu komponen dari ekosistem pesisir yang mengalami laju degradasi tertinggi, terutama karena faktor antropogenik seperti pembangunan kawasan pesisir dan aktivitas perikanan yang tidak ramah lingkungan.

Sebagai suatu ekosistem yang berada di perairan dangkal dan umumnya merupakan peralihan antara ekosistem daratan dan perairan laut, maka terumbu karang potensial mengalami berbagai dampak negatif dari dinamika-dinamika yang terjadi dari kedua ekosistem tersebut; baik antropogenik maupun alamiah misalnya pembangunan kawasan pesisir dan aktivitas

perikanan yang tidak ramah lingkungan, pencemaran laut, global warming, ocean acidification dan sebagainya. Berbagai kasus kerusakan dan penurunan kualitas ekosistem terumbu karang telah banyak dilaporkan dari seluruh dunia dalam beberapa dekade terakhir, sehingga dapat dikatakan bahwa terumbu karang merupakan salah satu komponen dari ekosistem pesisir yang mengalami laju degradasi tertinggi. Oleh karena itu, upaya rehabilitasi dan konservasi terumbu karang telah menjadi isu yang mendesak dan mutlak diperlukan.

Berdasarkan hasil Studi Pendahuluan Kondisi Sosial Ekonomi dan Lingkungan Desa Pagerungan Besar Tahun 2020, diketahui bahwa terumbu karang di pesisir barat dan selatan Pulau Pagerungan Besar termasuk dalam kondisi 'rusak' hingga 'sedang' dengan persentase penutupan karang hidup sebesar 19.05-26.05%. Dengan demikian, perlu dilakukan upaya rehabilitasi dan restorasi terumbu karang untuk memulihkan kondisi terumbu karang di lokasi tersebut. Berdasarkan studi tersebut juga, kelompok ikan *target species* (diberi nama sedemikian karena umumnya menjadi target tangkapan utama oleh nelayan) di habitat terumbu karang hanya terdiri dari 8 spesies dari 4 famili dengan kelimpahan total sebanyak 25 individu atau 1.657% dari total populasi ikan di titik pengamatan barat dan selatan pulau. Nilai kelimpahan tersebut termasuk dalam kategori 'sedikit' atau rendah.

Kondisi habitat terumbu karang yang mengalami kerusakan akan mengakibatkan ikan berpindah untuk mencari habitat baru. Kerusakan terumbu karang menjadikan ikan sulit untuk berkembang biak. Secara ekologis, tipologi habitat tersebut sangat penting bagi keberlanjutan ekosistem perairan, karena memiliki fungsi sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), sebagai area pengasuhan serta pertumbuhan (*nursery ground*) dan mencari makan (*feeding ground*) bagi ikan.

Mengacu pada Undang-undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas dan Peraturan Pemerintah Nomor 47 Tahun 2012 tentang Tanggung Jawab Sosial Perseroan Terbatas, serta Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup; bahwa setiap badan usaha wajib menjaga keberlanjutan fungsi lingkungan hidup dan menaati ketentuan tentang baku mutu lingkungan hidup dan/atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup. Kemudian, mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 06 Tahun 2013; dijelaskan bahwa perlindungan atau konservasi keanekaragaman hayati juga merupakan salah satu aspek penilaian PROPER (Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup).

Berdasarkan pemikiran-pemikiran tersebut, sekaligus sebagai salah satu bentuk nyata kepedulian terhadap kelestarian ekosistem laut dan terumbu karang, maka PT Pertamina Gas Operation East Java Area (PT Pertagas OEJA) berinisiatif untuk melakukan upaya rehabilitasi terumbu karang di perairan sekitar Pulau Pagerungan Besar, Kabupaten Sumenep yang mana termasuk

dalam wilayah kerja perusahaan. Bentuk rehabilitasi yang dilakukan adalah melalui terumbu buatan (*artificial reef*/AR) dan transplantasi fragmen karang.

Pada Oktober hingga November 2020, PT Pertagas OEJA telah mengadakan program pembuatan terumbu buatan dan transplantasi karang di pesisir selatan Pulau Pagerungan Besar. Pada program tersebut, digunakan material rangka besi dengan desain sedemikian rupa sebagai terumbu buatan sekaligus sebagai media transplantasi sejumlah 10 unit dengan jumlah total fragmen karang ditanam adalah sebanyak 750 unit.

Lebih lanjut, dengan tujuan untuk mempercepat pemulihan fungsi ekologis terumbu karang sebagai daerah pemijahan, pengasuhan serta pertumbuhan ikan; maka juga dilaksanakan pembuatan dan peletakan rumah ikan (*fish apartment*). Aplikasi rumah ikan juga dimaksudkan untuk mempercepat rehabilitasi habitat yang mengalami kerusakan dan meningkatkan produktivitas perikanan yang pada akhirnya diharapkan dapat membantu meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat pesisir yang pendapatannya tergantung pada sektor perikanan. Sejumlah 10 koloni yang masing-masing terdiri atas 5 unit modul rumah ikan telah dirakit, diletakkan dan ditata sedemikian rupa di lokasi kegiatan.

Salah satu kegiatan yang harus dilaksanakan setelah program transplantasi dan peletakan rumah ikan adalah kegiatan pemantauan dan perawatan secara periodik dan kontinu untuk mengevaluasi kondisi karang transplan, keberhasilan transplantasi serta keberhasilan peletakan rumah ikan secara keseluruhan. Pemantauan dimaksud telah dilaksanakan pada April 2021 dimana hasil yang diperoleh menunjukkan tren positif pertumbuhan fragmen karang dan peningkatan kekayaan spesies maupun kelimpahan ikan. Kegiatan pemantauan berikutnya adalah pasca 11 bulan transplantasi atau Oktober 2021 dengan hasil yang akan diuraikan secara lebih mendetail pada Bab-bab berikutnya dalam dokumen ini. Melalui pemantauan secara berkala, akan diketahui tren perkembangan kondisi terumbu buatan, karang yang ditransplantasikan dan unit rumah ikan.

1.2 LANDASAN HUKUM

Pelaksanaan program ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ ini tidak lepas dari peraturan perundangan yang menjadi latar belakangnya, meliputi;

- a. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 05 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya
- b. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 05 Tahun 1994 tentang Pengesahan Konvensi PBB mengenai Keanekaragaman Hayati
- c. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang
- d. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

- e. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-undang Nomor 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- f. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran dan/atau Perusakan Laut
- g. Peraturan Pemerintah Nomor 60 Tahun 2007 tentang Konservasi Sumberdaya Ikan sebagai Pedoman Kelestarian Sumberdaya Ikan
- h. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung
- i. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup
- j. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Timur Nomor 01 Tahun 2018 tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Provinsi Jawa Timur Tahun 2018-2038
- k. Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep Nomor 12 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sumenep Tahun 2013-2033.

1.3 TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dan manfaat dari kegiatan ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ antara lain adalah;

- a. Mengetahui kesintasan (*survival rate*) fragmen karang transplantasi yang telah ditanam saat kegiatan transplantasi pada November 2020 hingga April 2021
- b. Membandingkan kondisi karang transplantasi pada saat awal transplantasi (November 2020) dengan pemantauan periode pertama (April 2021)
- c. Mengetahui dan mengevaluasi fungsi substrat transplantasi bentuk frame besi dengan coating pasir dalam menyediakan fungsi habitat bagi biota bentik dan biota akuatik lainnya
- d. Mengetahui dan membandingkan kondisi rumah ikan (*fish apartment*) yang telah diletakkan pada November 2020
- e. Menganalisis struktur komunitas ikan yang berhabitat pada dan/atau disekitar unit rumah ikan
- f. Membandingkan komposisi spesies dan kelimpahan ikan karang yang berhabitat pada dan/atau disekitar unit rumah ikan antara periode awal peletakan (November 2020) dan 6 bulan setelahnya (April 2021)
- g. Mengevaluasi kondisi karang transplan dan keberhasilan transplantasi serta peletakan rumah ikan secara keseluruhan
- h. Memenuhi kewajiban PT Pertamina Gas OEJA untuk menjaga keberlanjutan fungsi lingkungan hidup dan menaati ketentuan tentang baku mutu lingkungan hidup dan/atau kriteria baku kerusakan lingkungan hidup.

1.4 RUANG LINGKUP KEGIATAN

Kegiatan ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ dilaksanakan dengan ruang lingkup sebagai berikut;

- a. Pengamatan kondisi karang transplantasi, mencakup:
 1. Kegiatan pemeliharaan, yang utama adalah pembersihan dari sedimen yang telah mengendap dan algae yang menempel pada fragmen karang transplan
 2. Kegiatan pemeliharaan, menata tegakan fragmen karang transplan supaya tidak terlepas dari kedudukannya dikarenakan pengaruh arus atau gelombang
 3. Penyulaman fragmen karang transplan yang mati atau hilang (terlepas dari dudukannya)
 4. Pengamatan biota akuatik yang menghuni area sekitar substrat transplantasi; baik vertebrata maupun invertebrata maupun tumbuhan laut
 5. Penghitungan kesintasan (*survival rate*) fragmen karang transplan. Data yang diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan untuk evaluasi program transplantasi yang telah dilaksanakan
- b. Pengamatan kondisi rumah ikan, mencakup:
 1. Pengamatan dan pengecekan kondisi fisik unit rumah ikan
 2. Penataan dan perbaikan partisi, sub-modul dan modul unit rumah ikan yang mengalami kerusakan
 3. Pengamatan komposisi spesies dan kelimpahan ikan karang yang berhabitat pada dan/atau disekitar unit rumah ikan

1.5 KONSEP DAN SISTEMATIKA PELAPORAN

Laporan ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ diselesaikan dengan sistematika penyajian sebagai berikut;

- a. BAGIAN I PENDAHULUAN
Bagian ini berisi latar belakang, landasan hukum, tujuan dan manfaat, ruang lingkup kegiatan serta konsep dan sistematika pelaporan kegiatan
- b. BAGIAN II TINJAUAN TRANSPLANTASI KARANG DAN RUMAH IKAN
Bagian ini menjelaskan secara umum mengenai program transplantasi karang dan peletakan rumah ikan yang telah dilaksanakan sebelumnya
- c. BAGIAN III METODOLOGI PEMANTAUAN
Bagian ini menjelaskan tentang metode dan teknik pemantauan kondisi karang tranplantasi dan rumah ikan yang diaplikasikan

- d. **BAGIAN IV HASIL PEMANTAUAN TRANSPLANTASI KARANG**
Bagian ini mendeskripsikan mengenai mengenai hasil kegiatan pemantauan transplantasi karang yang telah dilaksanakan
- e. **BAGIAN V HASIL PEMANTAUAN KONDISI RUMAH IKAN**
Bagian ini menyajikan hasil kegiatan pengamatan kondisi rumah ikan dan kondisi komunitas ikan karang disekitar unit rumah ikan
- f. **BAGIAN VI PENUTUP**
Bagian ini berisi kesimpulan serta saran dan rekomendasi yang berkaitan dengan kegiatan transplantasi karang dan peletakan rumah ikan yang telah dilaksanakan.

1.6 TIM PENYUSUN

Program ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pangerungan Besar’ merupakan bagian dari pekerjaan ‘Jasa Inspeksi dan Pemeliharaan Terumbu Karang Landafall PT Pertamina Gas EJA Selama 24 Bulan Kalender’ diprakarsai oleh PT Pertamina Gas OEJA bekerjasama dengan pihak DKPU Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

1.6.1 PEMRAKARSA

Nama Pemrakarsa	PT Pertamina Gas Operation East Java Area
Alamat	Jl. Darmokali No. 40-42, Darmo, Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur – 60241
Penanggung jawab	Gagan Suryanagara
Jabatan	Manager Operation East Java Area
Anggota	Fithro Fithro Rizki (Head of QHSSE) Maulana Aziz (Engineer Operation Engineering) Nadhilah Dhina Shabrina (Officer HSE)

1.6.2 PELAKSANA

Nama Pelaksana	DKPU Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Alamat aa	Gd. Research Center ITS, Jl. Raya ITS Sukolilo – Surabaya 60111
Penanggung jawab	Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D
Jabatan	Direktur
Anggota	Nur Syahroni, ST, MT, Ph.D Dr. Dian Saptarini, M.Sc Farid Kamal Muzaki, S.Si, M.Si



BAB II TINJAUAN TRANSPLANTASI KARANG DAN RUMAH IKAN

2.1 PROFIL PT PERTAMINA GAS

PT Pertamina Gas adalah perusahaan yang bergerak dalam sektor *midstream* dan *downstream* industri gas Indonesia. Dimiliki oleh PT Perusahaan Gas Negara Tbk. (PGN) dan PT Pertamina (Persero), Pertamina Gas merupakan bagian dari Holding Gas di Indonesia yang berperan dalam usaha niaga gas, transportasi gas, pemrosesan gas dan distribusi gas, serta bisnis lainnya yang terkait dengan gas alam dan produk turunannya.

Visi Pertamina Gas adalah menjadi pemimpin global dalam mengembangkan rantai suplai gas dan berkomitmen untuk memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi para *stakeholder*. Pencapaian visi tersebut dikuatkan dengan 4 (empat) poin misi yaitu;

- Memberikan infrastruktur gas terbaik di kelasnya
- Menjalankan operasi yang aman dan ramah lingkungan
- Menanamkan investasi dalam teknologi dan inovasi
- Merekrut dan mengembangkan tenaga kerja berbakat



Gambar 2.1 Logo korporat PT Pertamina Gas

PT Pertamina Gas didirikan pada 23 Februari 2007. Pendirian tersebut untuk memenuhi ketentuan Undang-undang Nomor 22 Tahun 2001 dan adanya peningkatan kebutuhan komoditas gas di Indonesia sebagai alternatif energi

pengganti bahan bakar minyak yang ramah lingkungan. Sekaligus upaya ini akan memberikan nilai tambah perusahaan gas. Pertamina Gas secara berkelanjutan mengembangkan bisnisnya dengan pengembangan ruas pipa transmisi gas baru, jaringan gas rumah tangga baru dan proyek-proyek fasilitas gas lainnya di seluruh Indonesia demi menjamin kebutuhan pasokan energi domestik.

Usaha tersebut akan memberikan nilai tambah kepada bisnis gas di Indonesia. Kompetensi PGN dan Pertamina dalam mengelola usaha gas akan mendorong Pertamina Gas sebagai perusahaan energi utama di Indonesia. Pertamina Gas hadir untuk mendukung ketahanan energi Indonesia. Saling dukung dari PGN dan Pertamina, serta afiliasi lainnya, akan menghasilkan sinergi yang kokoh di bidang bisnis gas. Bisnis Pertamina Gas meliputi:

a. Transportasi Gas

Kegiatan transportasi gas berasal dari pengirim (*shipper*) melalui perjanjian pengangkutan gas. *Shipper* dapat berupa kontraktor Kontrak Karya Kerja Sama (KKKS), pembangkit listrik, produsen puduk dan industri lainnya. Perusahaan melakukan kegiatan transportasi gas berdasarkan penetapan tarif dan hak khusus dari Badan Pengatur Hulu (BPH) Migas. Hingga akhir tahun 2019, panjang pipa transmisi mencapai 2438.25 km dan terdiri dari 57 ruas yang tersebar mulai dari Aceh, Sumatera Utara, Riau, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Banten, DKI Jakarta, Jawa Timur dan Kalimantan Timur.

b. Niaga Gas

Kegiatan utama dalam segmen usaha niaga gas adalah penjualan gas untuk industri, rumah tangga dan kegiatan komersil lainnya. Dalam pengembangan niaga gas, perusahaan menugaskan anak perusahaannya yaitu PT Pertagas Niaga sesuai Peraturan Menteri ESDM No. 19 Th. 2009 tentang Kegiatan Gas Bumi melalui Pipa yang mengatur pemisahan bisnis usaha transportasi gas dan niaga gas. Realisasi volume niaga gas pada tahun 2019 adalah sebesar 39879 BBTU

c. Pemrosesan Gas

Kegiatan pemrosesan gas memproduksi Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang berlangsung di fasilitas beberapa kilang milik pihak ketiga yang bekerjasama dengan Pertamina Gas dan anak perusahaannya. Kilang tersebut yaitu

1. Plant LPG Pondok Tengah di Jawa Barat yang dioperasikan PT Yudistira Energy untuk memenuhi kebutuhan LPG di PT Pertamina (Persero)
2. Plant LPG Perta Samtan Gas di Prabumulih dan Palembang yang dioperasikan PT Perta Samtan Gas untuk memenuhi kebutuhan LPG di PT Pertamina (Persero)

3. Plant LPG milik Energi Nusantara Perkasa (ENP) di Gresik yang dioperasikan PT Perta Samtan Gas untuk memenuhi kebutuhan LPG di PT Pertamina (Persero)
- d. Regasifikasi LNG
Usaha regasifikasi LNG dilakukan oleh PT Perta Arun Gas melalui pengoperasian Terminal Penerimaan & Regasifikasi LNG di Arun Lhokseumawe Aceh dengan kapasitas 4000 MMSCFD. Pada akhir tahun 2019 fasilitas tersebut telah mampu memenuhi kebutuhan energi untuk pembangkit listrik dan industri di Aceh dan Sumatera Utara hingga 43884 BBTU.
- e. Transportasi Minyak
Pertamina Gas juga mengelola tugas khusus yaitu mentransportasikan minyak mentah di Sumatera Selatan, melalui ruas pipa minyak Tempino-Plaju. Pada tahun 2020, Pertamina Gas kembali mendapatkan kepercayaan untuk melaksanakan proyek Penggantian Pipa Minyak di Wilayah Kerja Rokan dengan panjang pipa ±360 km.

PT Pertamina Gas memiliki komitmen tinggi dalam pengelolaan lingkungan sosial dan lingkungan hidup di wilayah kerjanya. Kerja keras dan komitmen tersebut dibuktikan melalui pencapaian PROPER Emas pada Tahun 2019 yang diraih oleh PT Pertamina Gas Operation Eastern Java Area (OEJA). Tiga unit area Pertamina Gas yaitu Operation Western Java Area, Kalimantan Area dan Southern Sumatra Area juga berhasil mendapatkan predikat PROPER Hijau. Operation Western Java Area juga telah berhasil menjadikan kandidat PROPER Emas.

Komitmen yang tinggi dalam mengimplementasikan program Tanggung Jawab Sosial & Lingkungan PT Pertamina Gas (Pertagas) juga dibuktikan dengan keberhasilan Pertagas meraih penghargaan bergengsi Indonesian Green Awards 2021. Empat penghargaan yang berhasil diraih Pertagas yakni

- a. Kategori Pengembangan Wisata Konservasi Alam untuk program Berdaya di Pesisir Laut Jawa dari Operation West Java Area (OWJA) dan program Desa Wisata Lembah Dewi Sri Sidomulyo Berbasis Edukasi di Operation South Sumatra Area (OSSA)
- b. Kategori Penyelamatan Sumber Daya air diraih Pertagas melalui program Kampung Batik Ecoprint dari Operation Kalimantan Area (OKAL)
- c. Kategori Mempelopori Pencegahan Polusi diraih Pertagas untuk program Pengelolaan Sampah Organik dan Olahan Maggot dari Operation Central Sumatra Area (OCSA)
- d. Kategori Mengembangkan Pengolahan Sampah Terpadu untuk program Daya Dari Hati Masyarakat Penatarsewu dari Operation East Java Area (OEJA) dan Pengelolaan Sampah Organik dan Olahan Maggot dari Operation Central Sumatra Area (OCSA) (pertagas.pertamina.com, 2021)

2.2 DESA PAGERUNGAN BESAR KECAMATAN SAPEKEN

Pelaksanaan program ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ ini tidak lepas dari peraturan perundangan yang menjadi latar belakangnya, meliputi;

Secara administratif, Desa Pagerungan Besar termasuk dalam wilayah Kecamatan Sapeken Kabupaten Sumenep. Batas Desa Pagerungan Besar secara geografis adalah:

- Sebelah utara berbatasan dengan Laut Kalimantan
- Sebelah barat berbatasan dengan wilayah Desa Pagerungan Kecil
- Sebelah selatan berbatasan dengan wilayah Desa Sapeken
- Sebelah timur berbatasan dengan wilayah Desa Sakala

Luas wilayah Desa Pagerungan Besar adalah $\pm 3.85 \text{ km}^2$ yang mencakup seluruh Pulau Pagerungan Besar. Terdapat lima dusun yaitu Dusun 1 (Kampung Luaor), Dusun 2 (Kampung Labuhan), Dusun 3 (Kampung Jangkar), Dusun 4 (Kampung Batu) dan Dusun 5. Dusun 1 (Kampung Luaor) memiliki luas wilayah sebesar 89.72 ha dimana pola kehidupan sosial warga dusun merepresentasikan kultur seperti yang ada di Luaor Sulawesi; serta sebagian besar masih terdapat rumah tradisional adat panggung. Dusun 2 (Kampung Labuhan) memiliki luas wilayah sebesar 45.67 ha dan merupakan dusun pelopor perkembangan wilayah yang penduduknya didominasi oleh Suku Mandar. Struktur sosial masyarakat sangat mengandalkan ikatan kekerabatan. Dusun tersebut juga menjadi pusat pemerintahan desa; juga merupakan pusat kegiatan transportasi (berupa dermaga).

Dusun 3 (Kampung Jangkar) memiliki luas wilayah sebesar 67.37 ha sedangkan Dusun 4 (Kampung Batu) seluas 55.31 ha. Wilayah Dusun 5 adalah seluas 128.1 ha dan merupakan pengembangan dari wilayah Dusun 1 dan Dusun 4 guna kebutuhan pendistribusian Anggaran Dana Desa (ADD).

Orientasi perkembangan ruang Desa Pagerungan Besar muncul dari perkembangan aktivitas mencari nafkah yaitu sebagai petani. Orientasi tersebut awalnya berkembang di daratan Dusun 2 dan Dusun 3. Kemudian muncul eksklusifitas dari beberapa penduduk di kedua dusun tersebut yang merupakan sesama penduduk dari wilayah Luaor di Sulawesi. Pada akhirnya terbentuk pula dusun Luaor yang kemudian disebut sebagai Dusun 1 dengan mata pencaharian utama sebagai petani. Seiring waktu, perkembangan permukiman bergerak kearah sempadan pantai (mendekati laut) karena ada pergeseran mata pencaharian sebagai nelayan; dimana mata pencaharian sebagian besar warga Pagerungan Besar saat ini berasal dari aktivitas yang berhubungan dengan laut.



Gambar 2.2 Peta administrasi Desa Pagerungan Besar Kecamatan Sapeken Kabupaten Sumenep dan lokasi transplantasi terumbu karang serta peletakan modul rumah ikan (*fish apartment*) (diadaptasi dari [google.com/earth/versions](https://www.google.com/earth/versions))

Arah perkembangan pada Desa Pagerungan Besar berawal pada permukiman di daratan Dusun 2 dan Dusun 3 kemudian bergerak ke arah barat lalu terbentuk Dusun 1. Selanjutnya bergerak ke arah selatan di daerah sepadan pantai mengikuti pergantian mata pencaharian sebagai nelayan. Karena terdapat perusahaan yang membuka dusun 4, maka arah perkembangan ruang bergerak ke arah timur dan membuka permukiman.

2.3 WAKTU DAN LOKASI TRANSPLANTASI KARANG DAN PELETAKAN RUMAH IKAN

Program 'Transplantasi Karang di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020' dan 'Pembuatan Rumah Ikan (*Fish Apartment*) di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020' yang diprakarsai dan didanai oleh PT Pertamina Gas OEJA telah dilaksanakan pada periode Oktober hingga November 2020.

Kegiatan transplantasi karang dan peletakan rumah ikan telah dilakukan di perairan selatan Pulau Pagerungan Besar dengan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut;

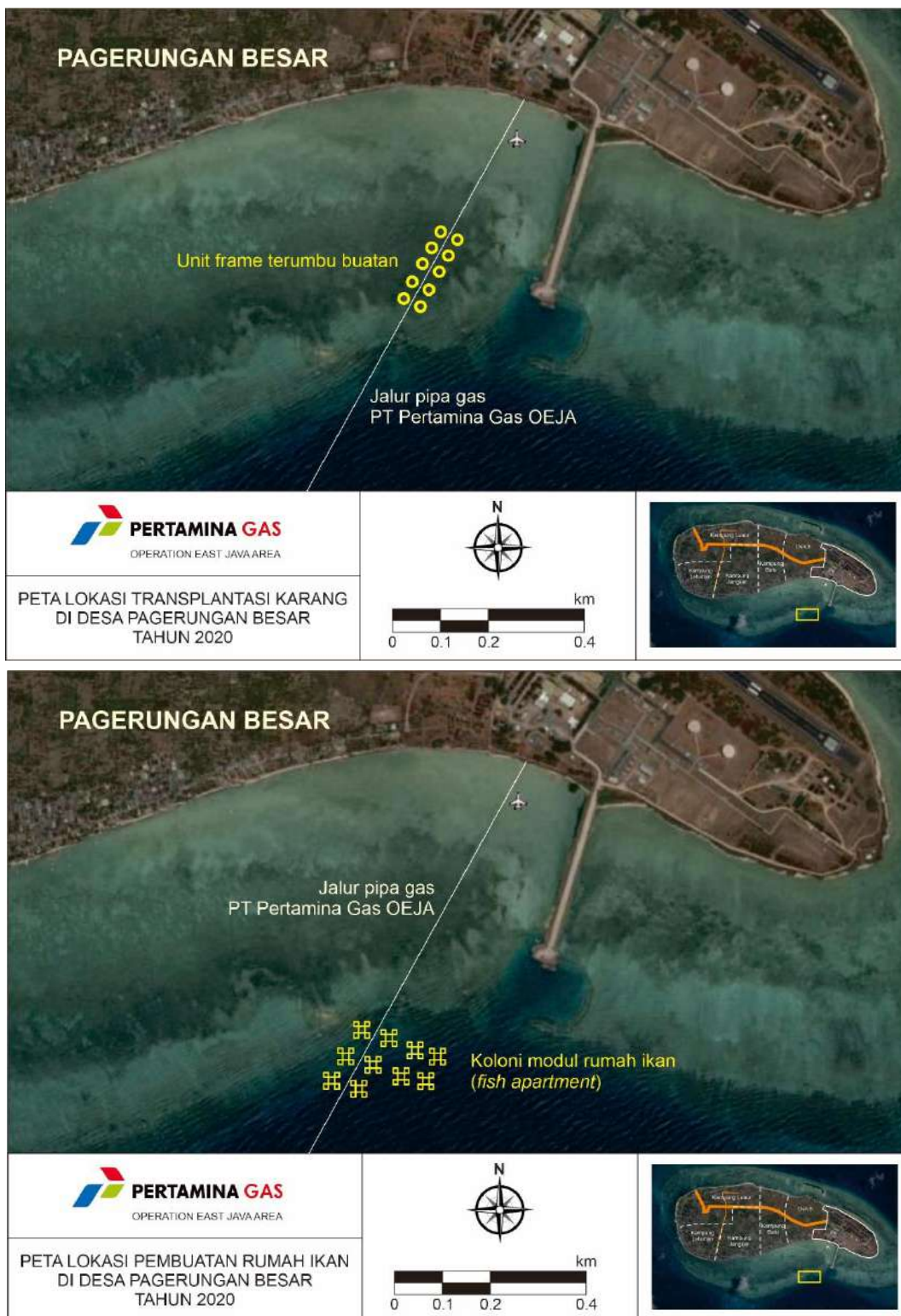
- Area berdekatan dengan lokasi instalasi pipa migas bawah laut milik PT Pertagas OEJA yang mana merupakan subyek utama rehabilitasi terumbu

- karang. Area yang lebih jauh dari permukiman juga berpotensi 'lebih aman' dari gangguan
- Arus yang bersifat lemah-sedang diperkirakan sesuai untuk pertumbuhan karang yang ditransplantasikan
 - Hamparan terumbu karang lebih luas; dalam hal ini ketersediaan bibit fragmen karang untuk transplantasi dapat dipenuhi dengan relatif cepat dan mudah
 - Kondisi kecerahan dan penetrasi cahaya matahari kedalam kolom perairan diperkirakan sesuai bagi pertumbuhan fragmen karang yang ditransplantasikan
 - Substrat dasar perairan yang berupa pasir pada kedalaman 15-25 meter diperkirakan sesuai untuk penempatan unit modul rumah ikan
 - Arus yang bersifat lemah-sedang juga memiliki beberapa keunggulan untuk peneggelaman rumah ikan: 1) sesuai bagi larva dan *juvenile* ikan yang masih memiliki kemampuan renang yang lemah; 2) arus dapat menyediakan sumber pakan lebih banyak bagi larva dan *juvenile* ikan (lebih banyak materi organik tersuspensi yang mudah ditangkap); 3) struktur rumah ikan diperkirakan akan lebih mampu bertahan dari aksi arus dan gelombang
 - Hamparan terumbu karang terdekat adalah lebih luas dan lebih banyak terdapat ikan karang termasuk kelompok *target species* dan *major species*

Terdapat sebanyak 10 unit struktur terumbu buatan sebagai media transplantasi yang diletakkan pada kedalaman 7-8 meter pada satu area dengan posisi geografis pada 06°57'54.90" LS & 115°55'25.80" BT. Posisi peletakan unit struktur terumbu buatan divisualisasikan pada Gambar 2.3. Kemudian, terdapat sebanyak 50 unit modul rumah ikan yang disusun dalam 10 kelompok atau grup dan diletakkan pada kedalaman 15-20 meter pada satu area. Posisi peletakan unit rumah ikan disajikan pada Gambar 2.3 dan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Posisi Geografis Titik Penempatan Rumah Ikan (*Fish Apartment*)

Titik	Posisi Geografis	
	Latitude (S)	Longitude (E)
1	6°57'54.14"	115°55'25.73"
2	6°57'55.23"	115°55'25.21"
3	6°57'56.57"	115°55'24.18"
4	6°57'54.45"	115°55'26.61"
5	6°57'55.75"	115°55'25.74"
6	6°57'56.99"	115°55'25.24"
7	6°57'54.51"	115°55'27.85"
8	6°57'55.36"	115°55'27.65"
9	6°57'54.69"	115°55'29.27"
10	6°57'55.81"	115°55'28.41"



Gambar 2.3 Peta lokasi dan ilustrasi penempatan unit terumbu buatan (gambar atas) dan peletakan rumah ikan (*fish apartment*) (gambar bawah) di Pulau Pagerungan Besar pada tahun 2020 (PT Pertamina Gas OEJA, 2020a)

2.4 PELAKSANAAN TRANSPLANTASI KARANG

2.4.1 SUBSTRAT / MEDIA TRANSPLANTASI

Pada program ini, transplantasi menggunakan media berbentuk rangka besi yang dirakit menggunakan besi non galvanis dengan diameter 10 mm dan setiap unit rangka besi menggunakan sedikitnya 130 meter besi non galvanis.

Beberapa ketentuan penggunaan material rangka besi untuk transplantasi karang antara lain adalah;

- Bentuk rangka besi sebagai terumbu buatan harus menyesuaikan dengan karakter topografi dasar laut di lokasi transplantasi dan sedapat mungkin memiliki nilai estetis
- Guna memperkuat struktur rangka besi, jarak titik pengelasan minimal adalah 10 cm atau disesuaikan dengan karakter topografi dasar laut di lokasi transplantasi
- Struktur rangka besi harus cukup kokoh untuk bertahan dari terjangan arus dan gelombang.

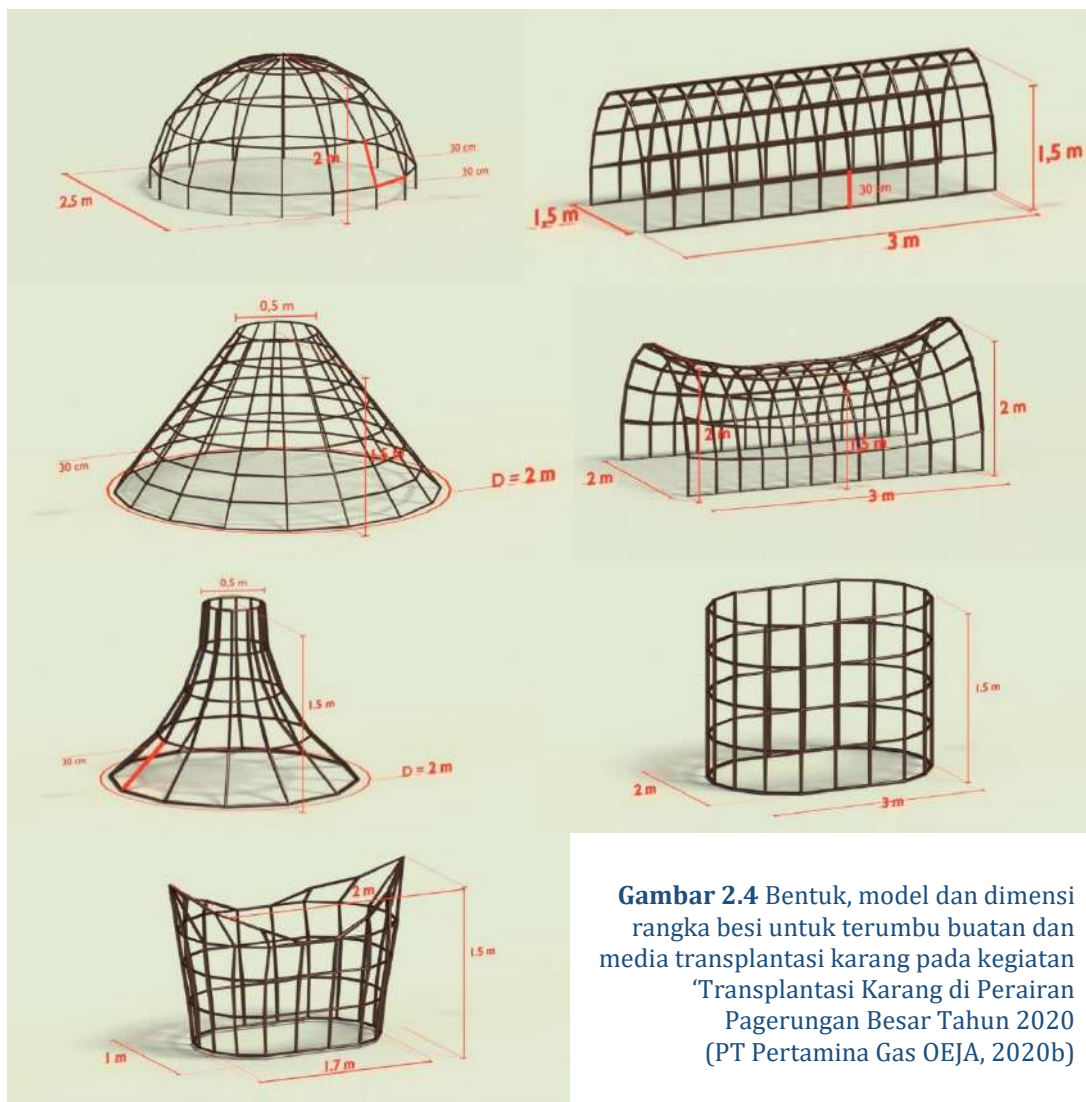
Pemilihan tipe substrat atau media yang tepat dapat mempercepat proses penempelan karang pada struktur terumbu buatan. Penggunaan struktur terumbu buatan berupa rangka besi sebagai media transplantasi sedemikian juga didasari oleh pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut;

- Bentuk yang kokoh membuat media rangka besi relatif lebih tahan terhadap hantaman arus dan gelombang
- Media rangka besi dengan bentuk sedemikian rupa dan memiliki banyak rongga secara langsung dapat memberikan fungsi ekologis sebagai habitat untuk tinggal dan berlindung bagi ikan dan larva ikan karang serta bagi berbagai macam invertebrata laut.

Pada kegiatan ‘Transplantasi Karang di Pulau Pangerungan Besar Tahun 2020’ telah dibuat sebanyak 10 unit rangka besi dengan berbagai model dan bentuk serta dimensi yang berbeda-beda seperti ditunjukkan pada [Gambar 2.4](#).

2.4.2 SPESIES KARANG TRANSPLANTASI

Koloni karang donor untuk program transplantasi ini dikoleksi dari koloni induk yang berada disekitar lokasi transplantasi (lokasi peletakan terumbu buatan). Dengan demikian, tidak diperlukan pengangkutan (transportasi) bibit atau fragmen karang transplan sehingga faktor *stress* akibat transportasi dapat diminimalisasi.



Gambar 2.4 Bentuk, model dan dimensi rangka besi untuk terumbu buatan dan media transplantasi karang pada kegiatan “Transplantasi Karang di Perairan Pangerungan Besar Tahun 2020 (PT Pertamina Gas OEJA, 2020b)

Adapun spesies karang yang ditransplantasikan antara lain adalah;

Tabel 2.2 Spesies Karang yang Ditanam pada Program Transplantasi Karang di Pulau Pangerungan Besar Tahun 2020

Spesies	Famili	Kelompok <i>Lifeform</i>
<i>Acropora bueggemanni</i>	Acroporidae	Acropora Branching
<i>Acropora grandis</i>	Acroporidae	Acropora Branching
<i>Acropora muricata</i>	Acroporidae	Acropora Branching
<i>Acropora nasuta</i>	Acroporidae	Acropora Branching
<i>Pocillopora damicornis</i>	Pocilloporidae	Coral Branching
<i>Porites cylindrica</i>	Poritidae	Coral Branching

Karang bercabang genus *Acropora* dan genera lain dipilih sebagai bibit karang transplan karena memiliki laju pertumbuhan yang cepat, mencapai 10-20 mm per bulan atau 12-24 cm per tahun. Alasan lain

pemilihan genus *Acropora* sebagai bibit adalah bahwa di sekitar lokasi transplantasi terdapat koloni-koloni karang *Acropora* yang berpotensi sebagai koloni donor. Penggunaan koloni donor berupa karang bercabang di sekitar lokasi juga bertujuan untuk meminimalisasi kerusakan terumbu karang alami akibat pemotongan atau pengambilan fragmen karang transplan.



Pocillopora damicornis



Acropora muricata



Porites cylindrica

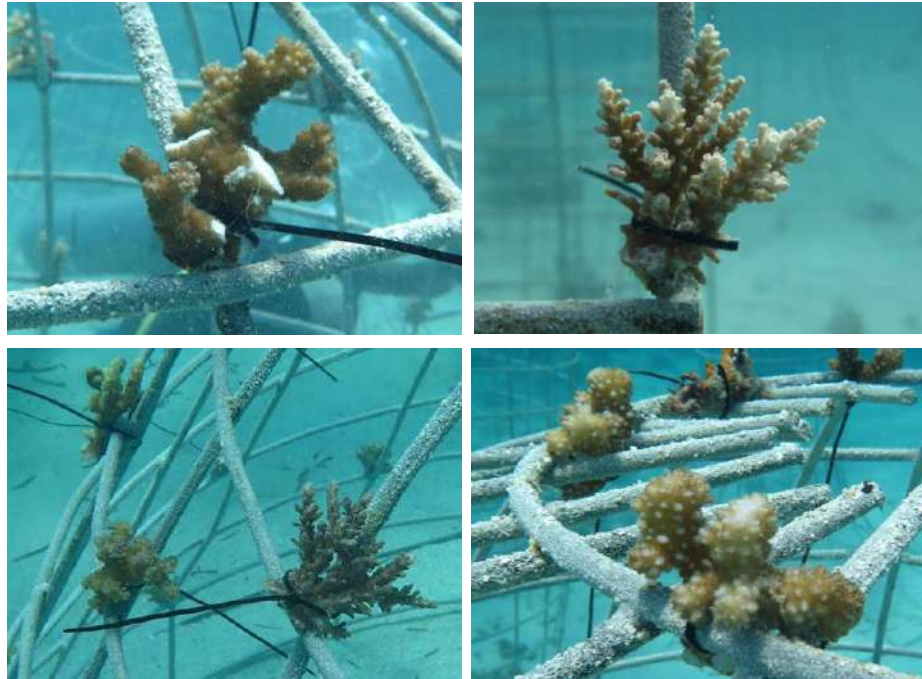


Acropora nasuta

Gambar 2.5 Beberapa spesies karang yang digunakan sebagai koloni induk untuk diambil bibit atau fragmen karang transplan (PT Pertamina Gas OEJA, 2020b)

2.4.3 HASIL TRANSPLANTASI KARANG

Sebagaimana telah disebutkan bahwa setiap unit terumbu buatan dapat ditanami dengan minimal 75 unit fragmen karang transplantasi sehingga secara keseluruhan terdapat 750 fragmen karang yang ditransplantasikan. Penanaman fragmen karang transplan dilakukan dengan teknik selam Scuba. Pengikatan karang transplan pada media (terumbu buatan) menggunakan tali plastik (*cable tie*).



Gambar 2.6 Contoh fragmen-fragmen karang transplan yang telah ditanam atau ditransplantasikan pada terumbu buatan (PT Pertamina Gas OEJA, 2020b)

2.5 PELAKSANAAN PELETAKAN RUMAH IKAN

2.5.1 STRUKTUR RUMAH IKAN

Bahan rumah ikan yang digunakan adalah partisi plastik Polypropylene (PP) yang ramah lingkungan yang kemudian dirangkai menjadi sub-modul dan modul. Partisi adalah komponen terkecil rumah ikan, terdiri dari partisi horizontal dan partisi vertikal. Setiap keping partisi horizontal berukuran 35x35 cm sedangkan partisi vertikal berukuran 32x35 cm.

Keping-keping partisi selanjutnya dirakit menjadi bentuk balok yang kemudian disusun menjadi suatu sub-modul dimana setiap sub-modul tersusun atas tumpukan 5-6 balok partisi. Perakitan partisi menjadi bentuk balok dan sub-modul diperkuat dengan tali plastik (*cable tie*); dan pengikatan balok partisi menjadi sub-modul juga diperkuat dengan penggunaan tambang plastik berdiameter 6-8 mm.

Pada setiap sub-modul, separuh bagian dasar dari balok partisi terbawah di cor dengan menggunakan semen. Pengecoran (beton) ini memiliki dua tujuan yaitu 1) sebagai penguat struktur sub-modul dan 2) sebagai pemberat pada saat peletakan di dasar laut.

Empat unit sub-modul yang telah dirakit kemudian dirangkai menjadi satu unit modul dengan ketinggian maksimal modul adalah 1.75 meter. Pada unit modul-modul yang telah terangkai dipasang atraktor (*attractant*) yang terbuat dari bahan tali plastik dan/atau

strapping band yang berfungsi sebagai media menempel dan berlindungnya telur, larva dan *juvenile* (remaja) ikan.



Gambar 2.7 Unit-unit sub-modul yang telah dirangkai menjadi modul rumah ikan dan telah dilengkapi dengan tali atraktor serta siap untuk diangkut menuju ke lokasi peletakan (penenggelaman)
(PT Pertamina Gas OEJA, 2020c)

2.5.2 HASIL KEGIATAN PELETAKAN RUMAH IKAN

Modul-modul rumah ikan diturunkan ke kedalaman antara 15 hingga 25 meter dengan posisi peletakan pada area berpasir disekitar pipa gas milik PT Pertamina Gas OEJA. Peletakan modul rumah ikan pada dasar perairan dilakukan secara hati-hati untuk mencegah terjadinya kerusakan pada material modul itu sendiri. Selain itu untuk meminimalisasi kerusakan terumbu karang yang ada, misalnya karena aktivitas penyelam pada saat meletakkan dan/atau menata modul rumah ikan.

Setiap 5 unit modul rumah ikan yang telah diturunkan ke dasar laut kemudian ditata atau disusun kedalam satu koloni (grup) oleh penyelam Scuba. Setiap unit modul dalam satu koloni saling disambungkan dengan menggunakan tambang berdiameter 8 mm. Guna semakin memperkokoh posisi modul rumah ikan di permukaan dasar laut, maka setiap unit modul juga diperkuat dengan jangkar.

Sepuluh (10) koloni yang masing-masing terdiri atas 5 unit modul rumah ikan telah dirakit, diletakkan dan ditata sedemikian rupa di lokasi kegiatan. Beberapa saat setelah rangkaian pekerjaan selesai dilaksanakan, modul-modul tersebut telah mulai menunjukkan fungsinya sebagai habitat bagi ikan. Hal tersebut nampak dari kehadiran beberapa spesies ikan karang yang telah mulai beraktivitas (dalam bentuk aktivitas mencari makan dan berlindung) di sekitar modul rumah ikan. Terdapat sedikitnya 19 spesies ikan karang dari 10 famili ikan yang dijumpai. Sebagian dari jumlah tersebut merupakan spesies yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan menjadi target tangkapan nelayan; misalnya ikan sekartaji (*Acanthurus auranticvus* dan *Ctenochaetus striatus*), ayam-ayam (*Abalistes stellatus*), Kakap (*Lutjanus spp*), Kerapu (*Epinephelus spp*, *Plectopomus leopardus*, *Variola spp*) dan Barongan (*Siganus spp*).



Gambar 2.8 Modul-modul rumah ikan yang telah disusun dalam koloni-koloni disekitar posisi pipa gas milik PT Pertamina Gas OEJA di Pulau Pagerungan Besar
(PT Pertamina Gas OEJA, 2020c)

2.6 HASIL PEMANTAUAN TERDAHULU

Pemantauan pertama telah dilaksanakan pada April 2021 atau periode 6 bulan pasca pelaksanaan transplantasi karang dan penempatan rumah ikan; dengan hasil sebagai berikut;

2.6.1 PEMANTAUAN KONDISI TERUMBU BUATAN DAN KARANG TRANSPLANTASI

Hasil pengamatan menunjukkan hasil bahwa secara umum fragmen karang transplan menunjukkan aktivitas pertumbuhan dan perkembangan yang cukup baik, ditandai dengan sedikitnya jumlah fragmen karang mati atau hilang. Kematian fragmen karang yang terjadi di lokasi diperkirakan sebagai akibat stress yang dialami oleh fragmen karang pada saat pelaksanaan transplantasi, mulai dari pengoleksian bibit, transportasi dan penanaman pada frame terumbu buatan.



Gambar 2.9 Beberapa contoh kondisi frame terumbu buatan dan pertumbuhan fragmen karang setelah 6 bulan pasca transplantasi (April 2021)
(PT Pertamina Gas OEJA, 2021)

Nilai SR atau kesintasan fragmen karang transplantasi pada periode April 2021 adalah sebesar 96.4%. Sejumlah 27 unit dari 750 unit fragmen karang yang ditransplantasikan mengalami kematian dan/atau hilang/lepas dari dudukannya pada frame terumbu buatan. Kematian fragmen karang transplantasi yang terjadi diperkirakan disebabkan oleh dua faktor; pertama, arus laut dan kedua, kompetisi dengan *turf algae*. Beberapa fragmen karang hidup juga menunjukkan adanya kerusakan jaringan yang diperkirakan disebabkan karena abrasi akibat gesekan dengan partikel sedimen tersuspensi (pasir kasar dan medium). Hal tersebut terutama terlihat pada fragmen karang yang ditanam pada posisi dekat dengan dasar perairan.

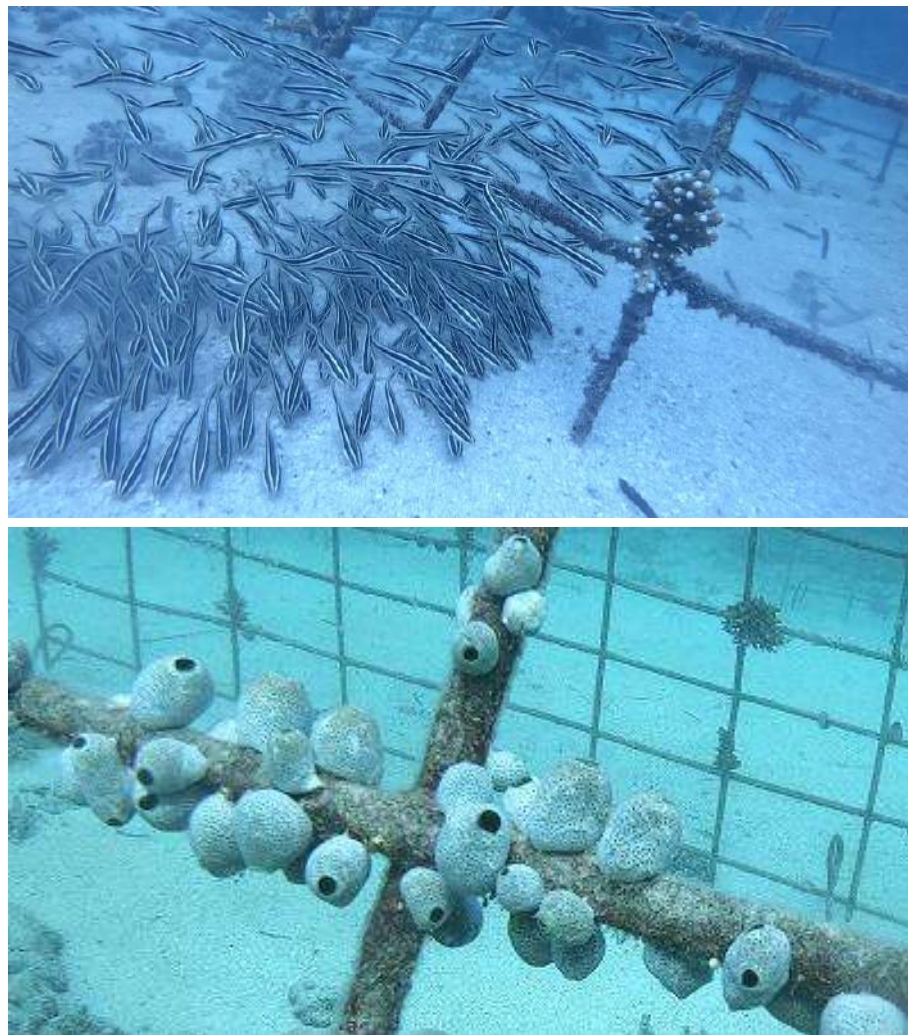
Pada pemantauan periode April 2021 telah terpantau adanya aktivitas pertumbuhan lanjut pada sebagian fragmen karang transplantasi yang direpresentasikan melalui penambahan biomassa fragmen karang, baik melalui penambahan panjang, penambahan diameter koloni maupun penambahan jumlah cabang.



Gambar 2.10 Contoh fragmen karang yang telah menunjukkan pertumbuhan biomassa fragmen karang; baik melalui penambahan panjang, penambahan diameter koloni maupun penambahan jumlah cabang. Foto kiri: fragmen pada saat November 2020; foto kanan: fragmen pada saat April 2021 (PT Pertamina Gas OEJA, 2021)

Pengamatan secara visual pada April 2021 menunjukkan bahwa frame terumbu buatan yang menjadi media transplantasi dan area sekitarnya telah menjadi area mencari makan (*feeding area*), asuhan

(*nursery area*) dan berlindung (*refugee area*) sekaligus sebagai habitat bagi sedikitnya 27 spesies ikan karang. Dari 27 spesies ikan, yang berpotensi ekonomis dan menjadi target tangkapan nelayan adalah sejumlah 9 spesies dari famili Lutjanidae, Plotosidae, Acanthuridae, Serranidae, Carangidae, Scaridae dan Siganidae. Tingkat keanekaragaman ikan karang disekitar unit frame terumbu buatan adalah sebesar 1.727 atau termasuk dalam status keanekaragaman 'SEDANG' (dimana $3.00 < H' > 1.00$).



Gambar 2.11 Koloni (*schooling*) ikan Sembilang (famili Plotosidae) yang terdapat disekitar frame terumbu buatan dan area transplantasi (foto atas) dan koloni ascidian *Didemnum molle* yang tumbuh pada permukaan frame terumbu buatan (foto bawah) pada saat pemantauan periode April 2021

(PT Pertamina Gas OEJA, 2021)

Pada April 2021, secara visual hanya terdapat sedikit biota bentik atau sesil yang tumbuh, menempel atau berada pada permukaan frame terumbu buatan, kecuali *turf algae* (alga filamen) yang melimpah dan beberapa spesies ascidian pada semua frame terumbu buatan.

2.6.2 PEMANTAUAN KONDISI RUMAH IKAN

Setelah 5 bulan pasca peletakan, pada April 2021 tampak bahwa hampir $\pm 90\%$ permukaan unit rumah ikan (beserta atraktan) telah ditumbuhi oleh berbagai spesies biota penempel (*fouling*); termasuk diantaranya adalah *turf algae* (alga filamen), spons laut, ascidian (misalnya spesies *Didemnum molle* dan *Polycarpa aurata*) serta beberapa spesies *crustose coralline algae* (CCA) dan karang lunak (*soft coral*) serta hydrozoa.



Gambar 2.12 Gambaran umum kondisi rumah ikan (*fish apartment*) pada April 2021; semua modul masih berdiri kokoh dan dalam kondisi yang baik (PT Pertagas OEJA, 2021)

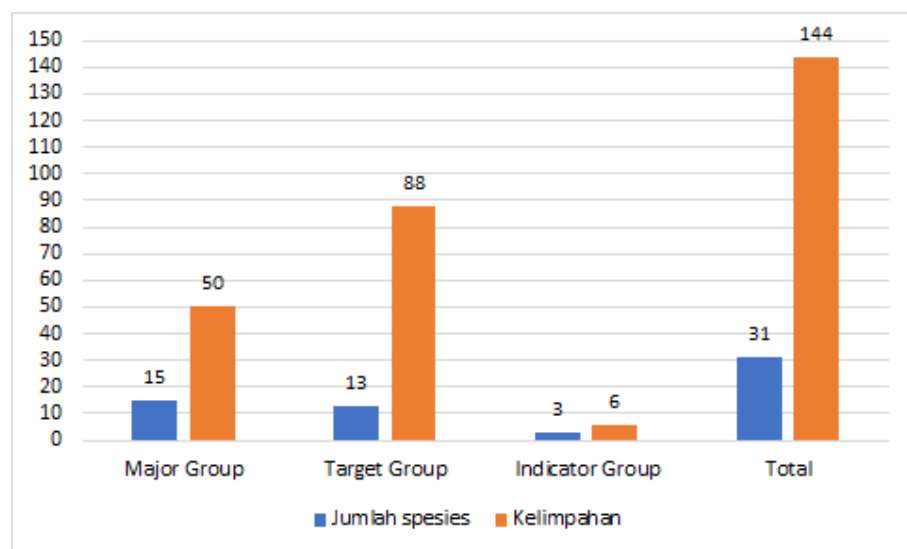
Pada April 2021, pengamatan ikan karang dengan metode UVC (*Underwater Visual Census*) di 10 koloni rumah ikan menghasilkan data dijumpainya 144 individu ikan dari 31 spesies yang merupakan representasi dari 22 genera dan 15 famili. Jumlah spesies ikan pada April 2021 tersebut adalah lebih tinggi dibandingkan pada November 2020 atau 1-2 minggu pasca peletakan unit rumah ikan, dimana pada periode tersebut dijumpai 19 spesies ikan.

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') komunitas ikan sebesar 2.802 menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman komunitas ikan karang termasuk kategori 'SEDANG' (dimana $3.00 < H' > 1.00$). Khusus untuk kategori ikan target (*target species*) yang menjadi obyek utama program peletakan rumah ikan (*fish*

apartment), terjadi peningkatan nilai H' dari sebesar 1.757 pada 2020 kemudian meningkat menjadi 1.784 pada November 2020 (satu minggu setelah peletakan *fish apartment*) dan kembali meningkat menjadi 1.846 pada pemantauan pertama ini (Gambar 5.7). Kondisi tersebut memperkuat asumsi bahwa secara umum unit rumah ikan yang dipasang telah menunjukkan fungsinya sebagai habitat baru bagi ikan terutama yang bernilai ekonomis dan menjadi target tangkapan nelayan.



Gambar 2.13 Beberapa spesies ikan dari famili Scaridae, Acanthuridae dan Mullidae yang terdapat disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada April 2021
(PT Pertamina Gas OEJA, 2021)



Gambar 2.14 Grafik ilustrasi jumlah spesies dan kelimpahan ikan berdasarkan grup pemanfaatan yang terdapat disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada April 2021
(PT Pertamina Gas OEJA, 2021)

Mengacu pada kriteria kelimpahan ikan terumbu karang menurut COREMAP berdasarkan kelimpahan kelompok ikan *target species*, maka kelimpahan ikan target di lokasi studi termasuk dalam kategori ‘SEDIKIT’ atau rendah; dimana hanya terdapat 88 individu ikan *target species*.



BAB III

METODOLOGI STUDI

Sebagaimana tercantum dalam dokumen laporan ‘Transplantasi Karang di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020’; kegiatan utama dalam program pemantauan karang transplantasi meliputi kegiatan pemeliharaan, penyulaman dan pengukuran kesintasan. Selanjutnya, kegiatan utama dalam monitoring unit rumah ikan mencakup perawatan unit dan pengamatan ikan karang.

3.1 WAKTU DAN LOKASI PEMANTAUAN

Kegiatan ‘Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar’ telah dilaksanakan pada pekan kedua Oktober 2021. Lokasi kegiatan adalah perairan pesisir di selatan Pulau Pagerungan Besar yang menjadi lokasi kegiatan ‘Transplantasi Karang di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020’ dan ‘Pembuatan Rumah Ikan (*Fish Apartment*) di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020’ sebagaimana telah ditunjukkan pada Bab II dokumen ini.

3.2 PERAWATAN DAN MONITORING KARANG TRANSPLANTASI

3.2.1 PEMELIHARAAN KARANG TRANSPLANTASI

Pemeliharaan karang transplantasi pada kegiatan ini berupa pembersihan media transplantasi dari sedimen yang telah mengendap dan algae yang menempel pada media maupun pada fragmen karang. Kegiatan pemeliharaan lainnya meliputi penataan kembali posisi fragmen karang transplan pada substrat (dudukan) bila bergeser atau goyah sebagai akibat tekanan arus dan gelombang.



Gambar 3.1 Kegiatan perawatan berupa pembersihan fragmen karang transplantasi dari sedimen dan *turf algae* (Survei primer, 2021)

Selanjutnya, penataan kembali posisi fragmen karang pada substrat dilakukan untuk memperkuat posisi fragmen karang transplantasi yang mungkin goyah sebagai akibat dari tekanan arus dan gelombang laut di lokasi transplantasi. Penguatan posisi yang dimaksud dilakukan dengan cara mengikat fragmen karang pada substrat transplantasi dengan menggunakan *cable tie*.

3.2.2 PENYULAMAN KARANG TRANSPLANTASI

Penyulaman dilakukan bila terdapat fragmen karang transplantasi yang mati atau hilang (lepas dari dudukan/substrat). Kematian karang transplantasi dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor, seperti *stress* (yang ditandai dengan produksi mukus/lendir yang terus menerus oleh fragmen karang) yang berlanjut menjadi pemutihan karang (*coral bleaching*), tertutup oleh sedimen maupun tertutup oleh alga (*turf algae*).

Fragmen-fragmen karang yang mati segera dipindahkan dari substratnya untuk kemudian segera diganti dengan fragmen karang baru yang diikatkan pada substrat tersebut. Secara teknis, proses penyulaman sama dengan penanaman karang transplantasi, yaitu dengan cara mengikatkan fragmen karang transplantasi pada substrat dengan menggunakan *cable tie*.

3.2.3 PENGUKURAN KESINTASAN KARANG TRANSPLANTASI

Pengukuran laju kesintasan (*survival rate*) dilakukan untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan program transplantasi yang telah

dilaksanakan. Pengukuran kesintasan menggunakan persamaan berikut;

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

dengan;

SR *survival rate* (laju kesintasan)

No jumlah total fragmen karang hidup pada periode awal transplantasi

Nt jumlah total fragmen karang hidup pada periode pemantauan tertentu



Gambar 3.2 Penyulaman fragmen karang yang hilang atau mengalami kematian
(Survei primer, 2021)

3.2.4 PENGAMATAN FAUNA ASOSIASI

Pengamatan fauna asosiasi menggunakan teknik koleksi bebas. Penyelam berenang disekitar area transplantasi dan mengamati semua jenis biota akuatik yang bersifat bentik dan nektonik yang terdapat atau berada disekitar substrat transplantasi. Obyek yang diamati terutama adalah kelompok biota bentos motil atau semi-sesil (Mollusca, Crustacea dan Cnidaria) dan biota sesil (*soft coral*, sponge/spons laut, ascidia dan sebagainya) serta biota nektonik (ikan terutama ikan demersal).

3.3 PERAWATAN DAN MONITORING RUMAH IKAN

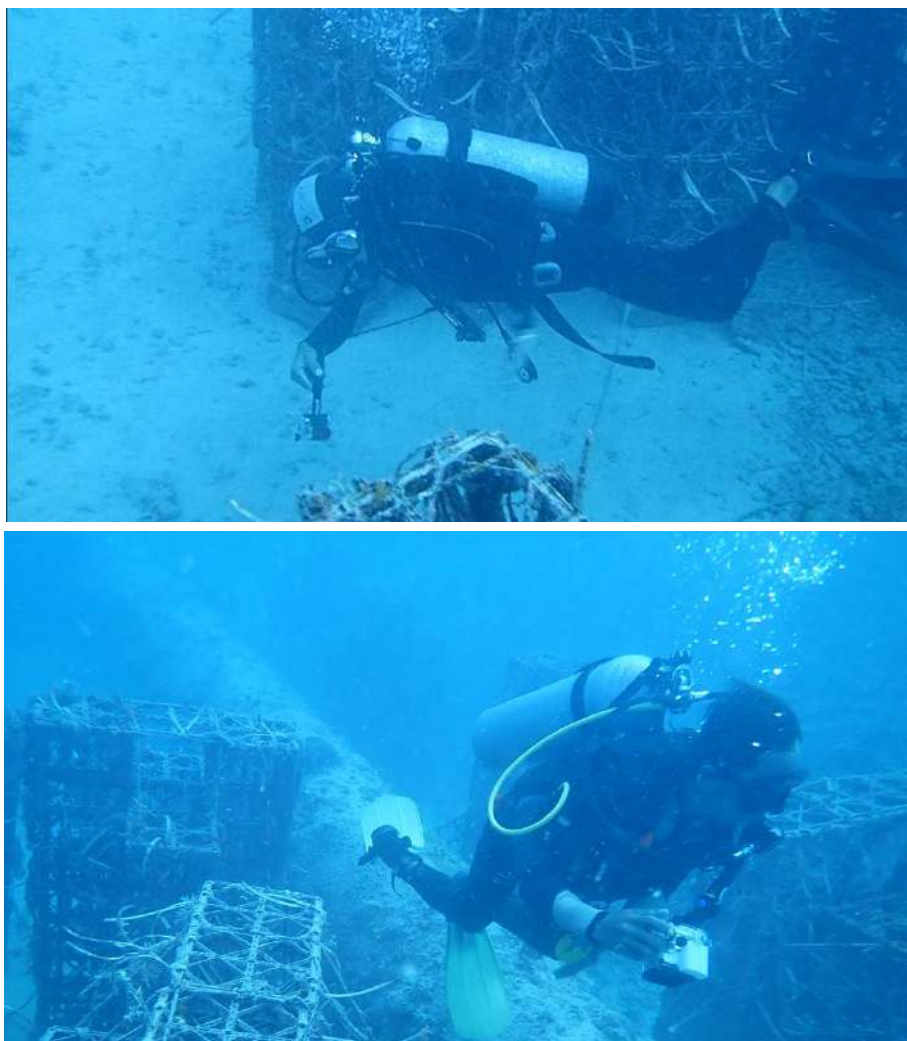
3.3.1 PERAWATAN UNIT RUMAH IKAN

Perawatan unit rumah ikan yang dilaksanakan adalah kegiatan penataan sub-modul, modul dan/atau koloni rumah ikan yang mengalami kerusakan mekanis dan/atau berubah posisinya karena pengaruh arus dan gelombang laut.

3.3.2 PENGAMATAN IKAN KARANG

A. PENGAMBILAN DATA

Pengamatan ikan yang berhabitat pada dan/atau disekitar unit rumah ikan dilakukan dengan teknik *Underwater Visual Census* (UVC) yang dimodifikasi. Pada metode ini, penyelam akan mengamati, mengidentifikasi dan menghitung kelimpahan setiap spesies ikan yang berada pada radius ± 5 meter dari modul atau koloni terluar rumah ikan.



Gambar 3.3 Pengamatan ikan dengan teknik *underwater visual census* (UVC) disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) (Survei primer, 2021)

Identifikasi spesies ikan yang dijumpai berdasarkan Allen (1994), Allen (2000), Allen *et al.* (2003), Carpenter & Niem (1998), Kuitert & Tonozyuka (2001) dan Peristiwady (2006).

B. ANALISIS DATA

Data yang diperoleh bersifat kuantitatif tentang komposisi dan kelimpahan ikan yang tertangkap. Dari data-data yang diperoleh kemudian dilakukan penghitungan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H').

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \times \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

dimana H' : Indeks Diversitas Shannon-Wiener
 n_i : jumlah individu species i
 N : jumlah total individu semua species

Spesies ikan yang teramati akan digolongkan kedalam tiga kelompok berikut;

- Major species*; merupakan kelompok ikan yang secara ekologis belum diketahui peranannya dalam ekosistem terumbu karang, selain sebagai penghuni tingkat trofik penyusun jaring-jaring makanan. Kelompok ini mencakup antara lain ikan-ikan dari famili Pomacentridae, Gobiidae, Blenniidae dan Labridae
- Target species*; mengacu pada kelompok ikan yang memiliki nilai ekonomi penting dan sering ditangkap oleh nelayan, misalnya ikan-ikan dari famili Serranidae, Lutjanidae dan Siganidae
- Indicator species*; merupakan kelompok ikan yang dapat menentukan penilaian terumbu karang, dalam artian bahwa kehadiran spesies indikator tersebut mampu memberikan gambaran mengenai kondisi habitatnya (terumbu karang). Anggota kelompok ini misalnya adalah ikan-ikan dari famili Chaetodontidae.

Penggolongan ikan kedalam grup-grup tersebut diatas tetap disesuaikan dengan kondisi masyarakat lokal (di kawasan sekitar lokasi studi), misalnya dengan mempertimbangkan bahwa jenis-jenis ikan dari famili-famili non-target spesies bisa jadi bernilai ekonomis secara lokal. Sebagai contoh, sekalipun ikan-ikan dari famili Labridae termasuk dalam grup major species, namun terdapat satu spesies di lokasi studi yang bernilai ekonomi tinggi

yaitu ikan Napoleon (Napoleon wrasse, *Cheilinus undulatus*) sehingga jenis tersebut dimasukkan kedalam grup target species.

Kriteria penilaian tingkat keanekaragaman berdasarkan nilai H' sebagai berikut;

Tabel 3.1 Kriteria Penilaian Tingkat Keanekaragaman berdasarkan Nilai Indeks Diversitas Shannon-Wiener (H')

$H' < 1.00$	Menunjukkan bahwa faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme
$1.00 < H' < 3.00$	Menunjukkan bahwa faktor lingkungan berpengaruh terhadap kehidupan organisme
$H' > 3.00$	Menunjukkan bahwa faktor lingkungan tidak menimbulkan berpengaruh terhadap kehidupan organisme

(Odum *et al.*, 2004)

Selain indeks diversitas Shannon-Wiener (H'), untuk komunitas ikan dihitung pula nilai indeks ekologi lain yaitu indeks dominansi Simpson (D) dan indeks kemerataan spesies Pielou (J).

Nilai indeks dominansi Simpson (D) dihitung berdasarkan persamaan berikut;

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

dimana D = Indeks Dominansi Simpson
 n_i = jumlah individu species i
 N = jumlah total individu semua species

Nilai D berkisar antara 0.00-1.00; semakin tinggi nilai D (mendekati 1.00) berarti tingkat keanekaragaman dalam komunitas adalah semakin rendah (terdapat taksa-taksa tertentu yang mendominasi); sebaliknya, bila nilai D mendekati 0.00 berarti tingkat keanekaragaman komunitas adalah semakin tinggi (Ferianita-Fachrul, 2007).

Kemudian, nilai indeks kemerataan spesies Pielou (J) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut;

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

dimana J : Indeks Kemerataan Pielou
 H' : Indeks Diversitas Shannon-Wiener
 S : jumlah total spesies

Nilai J memiliki kisaran antara 0.00-1.00 dimana;

- Nilai J mendekati 0.00 (nol), menunjukkan kecenderungan adanya pengaruh faktor lingkungan terhadap kehidupan organisme yang menyebabkan penyebaran populasi tidak

merata karena adanya selektifitas dan mengarah pada terjadinya dominansi oleh salah satu atau beberapa spesies biota

- Nilai J mendekati 1.00 (satu), menunjukkan bahwa keadaan lingkungan normal yang ditandai oleh penyebaran populasi yang cenderung merata dan tidak terjadi dominansi.

Sampai saat ini, kriteria penilaian untuk kelimpahan ikan karang belum ditentukan. Meskipun demikian, COREMAP merumuskan bahwa kriteria kelimpahan ikan terumbu karang dapat didasarkan pada kelimpahan kelompok ikan target, karena kelompok ikan ini selalu dijumpai di lereng terumbu dan menjadi target tangkapan nelayan.

Tabel 3.2 Kriteria Kelimpahan Ikan Terumbu Karang berdasarkan COREMAP

Parameter	Panjang transek	Kriteria kelimpahan ikan karang (jumlah individu)	
Kelimpahan		Sedikit	< 100
Kelompok Ikan	100 meter	Banyak	100 – 200
Target		Melimpah	> 200

(COREMAP)



BAB IV

HASIL PEMANTAUAN TRANSPLANTASI KARANG

4.1 KONDISI UMUM PERAIRAN

Parameter fisik dan kimia perairan laut yang diukur dalam studi ini adalah parameter-parameter yang berpengaruh penting bagi kehidupan karang diantaranya adalah suhu, salinitas, kecerahan, kandungan oksigen terlarut (*dissolved oxygen* / DO) dan derajat keasaman atau pH serta kecepatan arus. Hasil pengukuran kondisi variabel fisik dan kimia perairan ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Pemantauan periode kedua atau Oktober 2021 dilaksanakan saat musim angin timur dimana kondisi angin cukup kencang yang menyebabkan arus dan gelombang menjadi lebih kuat. Hal ini menyebabkan partikel sedimen ter-resuspensi sehingga kecerahan (*visibility*) sedikit mengalami penurunan dibandingkan dengan periode pertama (April 2021).

Tabel 4.1 Hasil Rata-rata Pengukuran Faktor Fisik dan Kimia Perairan pada Oktober 2021

No.	Variabel	Satuan	Nilai	Baku Mutu
1	Suhu permukaan	°C	29	28-30
2	Suhu dasar laut	°C	28	28-30
3	Salinitas	‰ (ppt)	33.5	33-34
4	Oksigen terlarut (DO)	ppm	7.98	>5
5	Keasaman (pH)		8.35	7-8.5
6	Kecerahan	meter	>7	>5
7	Kecepatan arus	m/s	0.34	NA

Keterangan: Baku mutu berdasarkan Lampiran III KepMen LH No. 51 Th, 2004
(Data primer, 2021)

Hasil pengukuran variabel fisik dan kimia perairan menunjukkan bahwa secara umum nilai suhu, salinitas, keasaman (pH) dan kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen*/DO) di lokasi pemantauan transplantasi masih memenuhi

standar sesuai baku mutu yang ditetapkan melalui KepMen LH No. 51 Th. 2004 Lampiran III untuk komunitas terumbu karang. Dengan kata lain, kondisi lingkungan terukur di lokasi studi adalah mendukung untuk pertumbuhan karang secara optimal.

4.2 KONDISI UMUM TERUMBU BUATAN DAN KARANG TRANSPLANTASI

Pada beberapa titik (terutama disekitar titik pengelasan) pada hampir semua unit terumbu buatan terdapat bagian yang mengalami korosi. Akan tetapi, secara umum seluruh terumbu buatan berada dalam kondisi yang baik dan kokoh.



Gambar 4.1a Contoh kondisi frame terumbu buatan dan pertumbuhan fragmen karang setelah 6 bulan pasca transplantasi atau April 2021(foto atas) dan 11 bulan pasca transplantasi atau Oktober 2021 (foto bawah) (Survei primer, 2021)



Gambar 4.1b Contoh kondisi frame terumbu buatan dan pertumbuhan fragmen karang setelah 6 bulan pasca transplantasi atau April 2021(foto atas) dan 11 bulan pasca transplantasi atau Oktober 2021 (foto bawah) (Survei primer, 2021)

Hasil pengamatan menunjukkan hasil bahwa secara umum fragmen karang transplan menunjukkan aktivitas pertumbuhan dan perkembangan yang cukup baik, ditandai dengan sedikitnya jumlah fragmen karang mati atau hilang (akan dibahas lebih lanjut pada Sub-bab 4.2).

Pada pemantauan periode Oktober 2021 ini, secara visual keseluruhan permukaan frame terumbu buatan tampak tertutupi oleh *turf algae* dan telah terjadi rekrutmen oleh berbagai spesies biota sesil. Pembahasan mengenai biota *fouling* yang menempel pada permukaan substrat akan dibahas lebih lanjut dalam Sub-bab 4.5.

4.3 KESINTASAN KARANG TRANSPLANTASI

Hasil perhitungan kesintasan (*survival rate*/SR) fragmen karang transplantasi untuk periode Oktober 2021 disajikan pada Tabel 4.2 sedangkan perbandingannya dengan April 2021 disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Kesintasan (*Survival Rate*) Karang Transplantasi pada Periode Oktober 2021

Jumlah substrat	Jumlah fragmen awal	Jumlah fragmen hidup	Jumlah fragmen mati/hilang	SR (%)
10	750	734	16	97.87

Keterangan: SR. Survival Rate (kesintasan)

(Data primer, 2021)

Nilai SR atau kesintasan fragmen karang transplantasi pada Oktober 2021 adalah sebesar 97.87% atau mengalami peningkatan sebesar 1.47% dibandingkan dengan periode April 2021 (96.4%). Sejumlah 16 unit dari 750 unit fragmen karang yang ditransplantasikan mengalami kematian dan/atau hilang/lepas dari dudukannya pada frame terumbu buatan. Kematian fragmen karang transplantasi yang terjadi diperkirakan disebabkan oleh dua faktor; pertama, arus laut dan kedua, kompetisi dengan *turf algae*.

Tabel 4.3 Perbandingan Kesintasan (*Survival Rate*) Karang Transplantasi pada Periode November 2020, April dan Oktober 2021

Periode	Bulan dan tahun	Jumlah fragmen			SR (%)
		Hidup	Mati	Total	
Penanaman awal	November 2020	750	0	750	100
Pemantauan I	April 2021	723	27	750	96.4
Pemantauan II	Oktober 2021	734	16	750	97.87

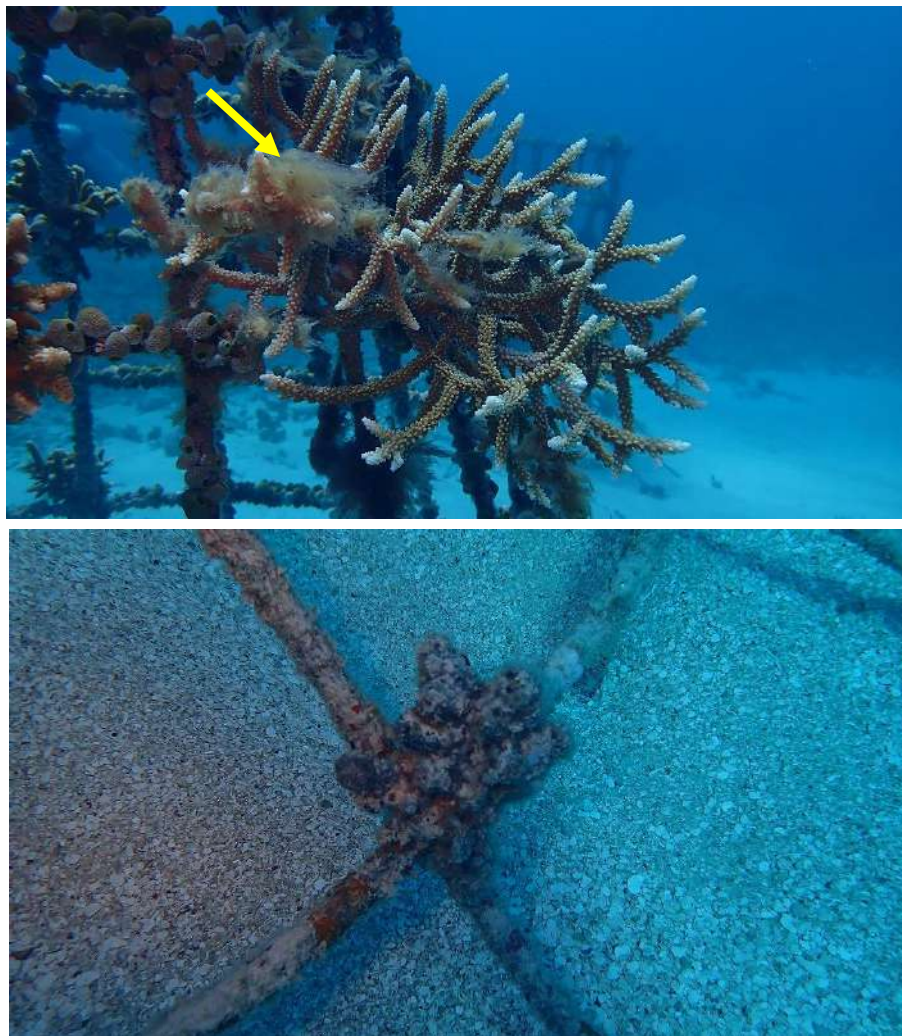
Keterangan: SR. Survival Rate (kesintasan)

Faktor arus yang diasumsikan cukup deras atau kuat diduga menyebabkan hilangnya beberapa fragmen karang. Hal ini tampak dari terlepasnya fragmen karang dari frame terumbu buatan; dimana pada saat Oktober 2021 hanya tersisa potongan *cable tie* yang digunakan untuk fiksasi fragmen karang pada frame terumbu buatan.

Pertumbuhan *turf algae* dapat menyebabkan kompetisi dengan karang. Pada musim hujan, umumnya akan terjadi peningkatan kandungan *nutrient* (hara) ke perairan laut sebagai akibat dari adanya aliran air (*run-off*) dari darat. Peningkatan *nutrient* tersebut dapat menyebabkan *blooming* alga, dimana pertumbuhan alga akan menutupi karang dan bahkan menghalangi rekrutmen larva karang.

Beberapa fragmen karang hidup juga menunjukkan adanya kerusakan jaringan yang diperkirakan disebabkan karena abrasi akibat gesekan dengan partikel sedimen tersuspensi (pasir kasar dan medium). Hal tersebut terutama

terlihat pada fragmen karang yang ditanam pada posisi dekat dengan dasar perairan.



Gambar 4.2 Contoh karang yang ditumbuhi dan berkompetisi dengan turf algae (tanda panah kuning, foto atas) dan fragmen karang mati yang ditumbuhi oleh spons laut (foto bawah) (Survei primer, 2021)

4.4 PERTUMBUHAN KARANG TRANSPLANTASI

Pada pemantauan periode Oktober 2021, sebagian besar fragmen karang telah tumbuh dengan sangat baik dan mengalami penambahan biomassa fragmen karang, baik melalui penambahan panjang, penambahan diameter koloni maupun penambahan jumlah cabang.

Pada periode sampai 30 hari pasca transplantasi umumnya dianggap sebagai periode krusial bagi fragmen karang transplantasi. Pada periode tersebut (terutama 1-14 hari pasca transplantasi) fragmen karang biasanya diketahui mengalami stress, baik akibat pemotongan atau pemisahan dari

koloni induk maupun karena pemindahan dari lokasi yang memiliki mikrohabitat berbeda; sehingga fragmen karang akan cenderung berhenti tumbuh dan lebih mengalokasikan energinya untuk beradaptasi dengan lingkungan yang baru (dalam hal ini, berupa titik atau lokasi transplantasi). Setelah periode krusial tersebut, koloni karang umumnya baru akan menunjukkan aktivitas pertumbuhan. Karang yang mengalami stress dicirikan dengan produksi mukus (lendir) yang melimpah. Bila stress berlanjut dalam jangka waktu yang lebih lama, karang dapat mengalami pemutihan (*bleaching*) yang berlanjut pada kematian fragmen karang transplan.



Gambar 4.3 Contoh pertumbuhan karang pada April 2021 (foto atas) dan Oktober 2021 (foto bawah)
(Survei primer, 2021)

Pada saat program penanaman karang pada November 2020, pengamatan secara visual menunjukkan bahwa pada hari ke-3 pasca transplantasi masih terdapat fragmen karang yang mensekresikan banyak mukus namun pada hari

ke-5 pasca transplantasi sudah tidak terdapat sekresi mukus berlebih. Oleh karena itu, dapat diasumsikan bahwa stress yang dialami oleh fragmen karang transplan berangsur pulih (hilang) dan diperkirakan bahwa selanjutnya fragmen karang transplan dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Kemudian pada April 2021, luka bekas potongan pada saat transplantasi (penanaman karang) telah sepenuhnya tertutup dengan jaringan hidup yang baru. Pada semua fragmen yang bertahan hidup, *cable tie* yang sebelumnya digunakan sebagai pengikat fragmen pada substrat juga telah tertutupi oleh jaringan hidup dan polip karang baru. Pertumbuhan terus berlanjut hingga 11 bulan pasca transplantasi (Oktober 2020) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan 4.4.

April 2021



Oktober 2021



Gambar 4.4a Contoh fragmen karang yang telah menunjukkan penambahan biomassa fragmen karang. Foto kiri: fragmen pada saat April 2021; foto kanan: fragmen pada saat Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

April 2021



Oktober 2021



Gambar 4.4b Contoh fragmen karang yang telah menunjukkan pertambahan biomassa fragmen karang. Foto kiri: fragmen pada saat April 2021; foto kanan: fragmen pada saat Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

4.5 FAUNA ASOSIASI

Pada pemantauan ini, biota asosiasi yang diamati adalah keberadaan fauna predator karang, ikan-ikan karang dan biota bentik lainnya yang menempel pada substrat transplantasi maupun berada disekitar area transplantasi.

4.5.1 BIOTA PREDATOR KARANG

Hewan pemangsa karang biasanya hanya memakan polip karang saja, tetapi keseluruhan koloni (terumbu) tetap utuh. Bila polip yang tersisa cukup banyak, maka polip tersebut masih dapat melakukan pemulihan terhadap terumbu yang telah mengalami pemangsaan. Umumnya, fauna predator yang berpotensi menimbulkan kerusakan atau bahkan kematian bagi karang antara lain adalah siput *Drupella* sp (famili Muricidae), bintang-laut mahkota-duri (*Acanthaster planci*) dan beberapa spesies ikan *corallivore* dari famili Scaridae.

Sebagaimana pada April 2021, pada pemantauan periode Oktober 2021 tidak terpantau keberadaan fauna predator karang pada fragmen karang maupun pada permukaan substrat transplantasi; meskipun di sekitar area transplantasi teramati adalah ikan-ikan Scaridae (misalnya *Scarus* spp) dan Chaetodontidae yang berpotensi sebagai *corallivore*.

4.5.2 IKAN KARANG

Salah satu tujuan dan manfaat pelaksanaan transplantasi karang adalah untuk menyediakan fungsi habitat bagi biota-biota laut yang berasosiasi dengan terumbu karang, termasuk ikan karang. Variabel yang umum digunakan untuk mengetahui fungsi tersebut adalah melalui pengamatan ikan karang disekitar area transplantasi.



Gambar 4.5 Ikan-ikan Pomacentridae remaja (juvenile) dan dewasa yang menjadikan koloni karang transplantasi sebagai mikrohabitat (Survei primer, 2021)

Pengamatan secara visual pada Oktober 2021 menunjukkan bahwa frame terumbu buatan yang menjadi media transplantasi dan area sekitarnya telah menjadi area mencari makan (*feeding area*), asuhan (*nursery area*) dan berlindung (*refugee area*) sekaligus sebagai habitat

bagi berbagai spesie ikan karang, terutama dari famili Labridae, Pomacentridae, Serranidae, Lutjanidae dan Plotosidae (Tabel 4.4). Ukuran koloni karang yang semakin meluas juga menjadi mikrohabitat bagi ikan Pomacentridae baik yang berada pada juvenil maupun dewasa (Gambar 4.5)

Tabel 4.4 Beberapa Spesies Ikan Karang yang Terdapat Disekitar Unit Frame Terumbu Buatan Pada Oktober 2021

No.	Spesies	Famili	Kategori	ni	pi (%)
1	<i>Acanthurus auranticavus</i>	Acanthuridae	TS	3	1.149
2	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Acanthuridae	TS	2	0.766
3	<i>Ambassis spp</i>	Ambassidae	MS	24	9.195
4	<i>Apogon sp</i>	Apogonidae	MS	27	10.345
5	<i>Carangoides sp</i>	Carangidae	TS	2	0.766
6	<i>Chaetodon baronessa</i>	Chaetodontidae	IS	1	0.383
7	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	Chaetodontidae	IS	1	0.383
8	<i>Platax teira</i>	Epipphidae	MS	1	0.383
9	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Labridae	MS	3	1.149
10	<i>Thalassoma lunare</i>	Labridae	MS	9	3.448
11	<i>Halichoeres leucurus</i>	Labridae	MS	1	0.383
12	<i>Lutjanus decussatus</i>	Lutjanidae	TS	1	0.383
13	<i>Parupeneus barberinus</i>	Mullidae	MS	2	0.766
14	<i>Upeneus tragula</i>	Mullidae	MS	1	0.383
15	<i>Scolopsis affinis</i>	Nemipteridae	MS	2	0.766
16	<i>Scolopsis bilineata</i>	Nemipteridae	MS	3	1.149
17	<i>Scolopsis ciliata</i>	Nemipteridae	MS	2	0.766
18	<i>Scolopsis lineata</i>	Nemipteridae	MS	2	0.766
19	<i>Scolopsis margaritifer</i>	Nemipteridae	MS	1	0.383
20	<i>Cymacephalus beauforti</i>	Platycephalidae	MS	1	0.383
21	<i>Chromis ternatensis</i>	Pomacentridae	MS	3	1.149
22	<i>Chromis viridis</i>	Pomacentridae	MS	46	17.625
23	<i>Chromis weberi</i>	Pomacentridae	MS	7	2.682
24	<i>Dascyllus aruanus</i>	Pomacentridae	MS	26	9.962
25	<i>Dascyllus melanurus</i>	Pomacentridae	MS	8	3.065
26	<i>Dascyllus reticulatus</i>	Pomacentridae	MS	9	3.448
27	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	Pomacentridae	MS	8	3.065
28	<i>Pomacentrus auriventris</i>	Pomacentridae	MS	33	12.644
29	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>	Pomacentridae	MS	4	1.533
30	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	Pomacentridae	MS	5	1.916
31	<i>Dischistodus perspicillatus</i>	Pomacentridae	MS	1	0.383
32	<i>Dischistodus prosopotaenia</i>	Pomacentridae	MS	1	0.383
33	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	Pomacentridae	MS	2	0.766
34	<i>Pomacentrus brachialis</i>	Pomacentridae	MS	7	2.682
35	<i>Pomacentrus littoralis</i>	Pomacentridae	MS	5	1.916
36	<i>Scarus rivulatus</i>	Scaridae	TS	6	2.299
37	<i>Cephalopis boenak</i>	Serranidae	TS	1	0.383
Kelimpahan total individu				261	
Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H')				2.895	
Nilai indeks dominansi Simpson (D)				0.084	
Nilai indeks kemetaraan spesies Pielou (J)				0.802	

Gambar 4.7 menunjukkan grafik jumlah spesies dan nilai keanekaragaman Shannon-Wiener (H') komunitas ikan disekitar frame terumbu buatan. Tampak bahwa terjadi peningkatan jumlah total spesies dari awalnya sejumlah 27 spesies pada April 2021 kemudian menjadi 37 spesies pada Oktober 2021. Pada April 2021, spesies ikan paling dominan adalah Sembilang (*Plotosus lineatus*) yang dijumpai pada stadia juvenil (remaja) kemudian pada Oktober 2021 terdapat spesies *Chromis viridis*, *Pomacentrus auriventris*, *Apogon* spp dan *Dascyllus aruanus* yang dominan.

Perubahan dominansi tersebut mempengaruhi nilai H' yang juga mengalami peningkatan dari 1.727 menjadi 2.895 atau termasuk dalam status keanekaragaman 'SEDANG' (dimana $3.00 < H' > 1.00$). Nilai H' dipengaruhi oleh kelimpahan relatif suatu spesies. Pada April 2021 terdapat spesies Sembilang yang sangat dominan (61.74% dari total populasi seluruh spesies) sehingga nilai H' menjadi agak rendah. Pada Oktober 2021 terjadi penambahan jumlah spesies dan nilai maksimal kelimpahan relatif adalah 17.63% sehingga nilai H' mengalami peningkatan signifikan.

Dari 37 spesies ikan, yang berpotensi ekonomis dan menjadi target tangkapan nelayan adalah sejumlah 6 spesies dari famili Lutjanidae, Acanthuridae, Serranidae, Carangidae, Scaridae dan Siganidae.



Platax teira – Epipphidae



Cymacephalus beauforti –
Platycephalidae



Dascyllus reticulatus –
Pomacentridae



Coradion chrysozonus –
Chaetodontidae

Gambar 4.6 Beberapa spesies ikan yang terdapat di area disekitar frame terumbu buatan pada Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

4.5.3 BIOTA SESIL

Pada April 2021, secara visual hanya terdapat sedikit biota bentik atau sesil yang tumbuh, menempel atau berada pada permukaan frame terumbu buatan, kecuali *turf algae* (alga filamen) yang melimpah dan beberapa spesies ascidian pada semua frame terumbu buatan. Kemudian pada Oktober 2021, lebih banyak terdapat biota sesil maupun *slow-motile* yang tumbuh dan menempel pada permukaan; atau berada disekitar frame terumbu buatan.

Biota *slow-motile* yang berhabitat disekitar frame terumbu buatan diantaranya adalah berbagai spesies gastropoda laut misalnya *Trochus* spp dan *Lambis* sp. Adapun untuk biota sesil misalnya adalah ascidia *Didemnum molle* yang menutupi >60% permukaan frame; juga terdapat beberapa spesies turf algae dan satu spesies kima yaitu Kima sisik (*Tridacna squamosa*).



Tridacna squamosa – Tridacnidae



Didemnum molle – Didemnidae



Lambis lambis – Lambidae



Trochus maculatus – Trochidae

Gambar 4.7 Beberapa spesies invertebrata yang tumbuh menempel atau terdapat disekitar frame terumbu buatan pada saat pemantauan periode Oktober 2021
(Survei primer, 2021)

Selain keberadaan invertebrata-invertebrata seperti yang telah disebutkan sebelumnya, pada permukaan frame terumbu buatan juga telah ditemukan adanya juvenil karang keras (*Scleractinia*) yang telah melakukan rekrutmen dan mulai tumbuh. Berdasarkan pengamatan hanya terdapat dua koloni rekrutmen karang dari spesies *Seriatopora hystrix* (famili Pocilloporidae).



Gambar 4.8 Koloni juvenil karang *Seriatopora hystrix* yang melakukan rekrutmen dan tumbuh pada permukaan frame terumbu buatan pada saat pemantauan periode Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

Penempelan larva karang melalui proses rekrutmen ke permukaan frame terumbu buatan menjadi bukti frame yang telah dipasang dapat menjadi struktur atau platform bagi pertumbuhan karang. Larva karang membutuhkan substrat yang stabil untuk melakukan penempelan karena substrat yang tidak stabil akan membuat larva susah untuk menempel dan juga dapat menyebabkan kematian larva karang. Dalam hal ini, penempatan terumbu buatan oleh pihak PT Pertamina Gas OEJA secara nyata dapat memberikan dampak positif untuk rehabilitasi terumbu karang di perairan pesisir Pulau Pagerungan Besar.



BAB V HASIL PEMANTAUAN KONDISI RUMAH IKAN (*FISH APARTMENT*)

5.1 KONDISI UMUM UNIT RUMAH IKAN

Pengamatan dilakukan pada unit rumah ikan (*fish apartment*) yang berjumlah 10 koloni dengan masing-masing sebanyak 5 modul sehingga secara keseluruhan terdapat 50 modul rumah ikan. Secara visual semua unit rumah ikan berada dalam kondisi yang baik dan masih berdiri dengan kokoh.



Gambar 5.1 Gambaran umum kondisi rumah ikan (*fish apartment*) pada Oktober 2021; semua modul masih berdiri kokoh dan dalam kondisi yang baik
(Survei primer, 2021)

Pada Oktober 2021 tampak bahwa >90% permukaan unit rumah ikan (beserta atraktan) telah ditumbuhi oleh berbagai spesies biota penempel (*fouling*); termasuk diantaranya adalah *turf algae* (alga filamen), spons laut, ascidian (misalnya spesies *Didemnum molle* dan *Polycarpa aurata*) serta

beberapa spesies *crustose coralline algae* (CCA) dan karang lunak (*soft coral*) serta hydrozoa. Juga terdapat biota slow-motile termasuk beberapa spesies gastropoda, crustacea (*hermit crab*/kelomang) dan crinoidea (*feather star*). Pada beberapa blok beton yang menjadi platform dan pemberat unit rumah ikan bahkan telah ditumbuhi oleh rekrutmen karang keras (*Scleractinia*).



Gambar 5.2 Beberapa *marine growth* yang tampak tumbuh pada permukaan unit modul rumah ikan, misalnya *feather star* (Crinoidea) (foto atas) dan berbagai spesies Ascidia seperti *Polycarpa aurata* (foto bawah) (Survei primer, 2021)

Secara keseluruhan, dibandingkan dengan periode pemantauan pertama (April 2021), pertumbuhan *marine growth* di unit rumah ikan tampak semakin pesat, ditinjau dari jumlah spesies dan kelimpahannya yang menempel dan tumbuh. Di masa mendatang, diharapkan akan terdapat lebih banyak *marine growth* yang tumbuh sehingga fungsi rumah ikan sebagai *spawning* dan *nursery* area bagi ikan akan semakin optimal dan mendekati fungsi dari terumbu alami.



Gambar 5.3 Gastropoda dan rekrutmen karang keras (tanda panah kuning) yang tumbuh dan berhabitat di unit rumah ikan (Survei primer, 2021)

5.2 KONDISI KOMUNITAS IKAN

Ikan karang adalah kelompok ikan yang hidup di area terumbu karang sejak stadia *juvenile* (remaja) hingga dewasa. Ikan karang merupakan biota di area terumbu karang yang memiliki keragaman spesies tertinggi dan juga merupakan biota yang paling mencolok yang dapat dijumpai di area terumbu karang. Ikan karang umumnya dikelompokkan kedalam tiga grup yaitu *major species*, *target species* dan *indicator species*. Kelompok *target species* berupa ikan-ikan yang umumnya menjadi target tangkapan nelayan secara lokal sementara *indicator species* mencakup kelompok ikan yang keberadaannya menjadi petunjuk kesehatan terumbu karang (karena peranannya sebagai *corallivore* atau pemangsa polip karang). Adapun *major species* mencakup semua ikan diluar kedua kategori sebelumnya.

5.2.1 KOMPOSISI DAN KELIMPAHAN SPESIES

Pada November 2020 atau 2 minggu pasca peletakan dijumpai 19 spesies ikan. Hasil pemantauan terdahulu (April 2021) menunjukkan bahwa area sekitar 10 koloni rumah ikan telah menjadi habitat bagi 31 spesies ikan yang merupakan representasi dari 22 genera dan 15 famili. Selanjutnya, pada Oktober 2021 terjadi peningkatan menjadi sejumlah 52 spesies (atau meningkat >50%) yang berasal dari 34 genera dan 19 famili. Beberapa spesies ikan yang sebelumnya belum terdata adalah *Fistularia chinensis* (F. Fistulariidae), *Aeoliscus strigatus* (F. Centriscidae), *Sufflamen chrysopterus* (F. Balistidae) dan *Pomacanthus imperator* (F. Pomacanthidae) serta *Arothron mappa* (F. Tetraodontidae). Detail komposisi dan kelimpahan ikan karang disekitar rumah ikan disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Komposisi dan Kelimpahan Spesies Ikan di Sekitar Unit Rumah Ikan (*Fish Apartment*) pada Oktober 2021

No.	Spesies	Famili	Stadia	ni	pi (%)
MAJOR SPECIES					
1	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Balistidae	D	1	0,543
2	<i>Aeoliscus strigatus</i>	Centriscidae	D	14	7,609
3	<i>Fistularia chinensis</i>	Fistulariidae	D	2	1,087
5	<i>Thalassoma lunare</i>	Labridae	D	9	4,891
6	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Labridae	D	1	0,543
7	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Labridae	D	2	1,087
8	<i>Parupeneus barberinus</i>	Mullidae	D	5	2,717
9	<i>Parupeneus macronema</i>	Mullidae	D	6	3,261
10	<i>Upeneus tragula</i>	Mullidae	D	1	0,543
11	<i>Mulloidichthys flavolinatus</i>	Mullidae	D	8	4,348
12	<i>Pentapodus caninus</i>	Nemipteridae	D	2	1,087
13	<i>Pentapodus emeryii</i>	Nemipteridae	D	2	1,087
14	<i>Scolopsis margaritifer</i>	Nemipteridae	D	4	2,174
15	<i>Scolopsis affinis</i>	Nemipteridae	D	4	2,174
16	<i>Scolopsis bilineata</i>	Nemipteridae	D	3	1,630
17	<i>Scolopsis ciliata</i>	Nemipteridae	D	1	0,543
18	<i>Chaetodontoplus mesoleucus</i>	Pomacanthidae	D	1	0,543
19	<i>Pomacanthus imperator</i>	Pomacanthidae	D	2	1,087
20	<i>Chromis weberi</i>	Pomacentridae	D	3	1,630
21	<i>Chromis viridis</i>	Pomacentridae	D	4	2,174
22	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Serranidae	D	2	1,087
23	<i>Arothron mappa</i>	Tetraodontidae	D	1	0,543
24	<i>Zanclus cornutus</i>	Zanclidae	D	6	3,261
Kelimpahan individu				84	45,652
Nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H')				2,830	
TARGET SPECIES					
1	<i>Acanthurus auranticavus</i>	Acanthuridae	D	10	5,435
2	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Acanthuridae	D	8	4,348
3	<i>Platax pinnatus</i>	Epipphidae	J	1	0,543
4	<i>Platax teira</i>	Epipphidae	J	1	0,543
5	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Haemulidae	J	1	0,543
6	<i>Plectorhinchus lineatus</i>	Haemulidae	J	1	0,543
7	<i>Lethrinus microdon</i>	Lethrinidae	DJ	6	3,261
8	<i>Lethrinus olivaceus</i>	Lethrinidae	D	2	1,087
9	<i>Lutjanus lutjanus</i>	Lutjanidae	J	6	3,261
10	<i>Lutjanus decussatus</i>	Lutjanidae	D	2	1,087
11	<i>Chlorurus sordidus</i>	Scaridae	J	1	0,543
12	<i>Scarus rivulatus</i>	Scaridae	DJ	27	14,674
13	<i>Scarus ghobban</i>	Scaridae	D	2	1,087
14	<i>Plectopomus leopardus</i>	Serranidae	J	3	1,630
15	<i>Variola albimarginata</i>	Serranidae	DJ	6	3,261
16	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Serranidae	J	1	0,543
17	<i>Aethaloperca rogaa</i>	Serranidae	J	1	0,543
18	<i>Epinephelus areolatus</i>	Serranidae	D	2	1,087
19	<i>Variola louti</i>	Serranidae	J	2	1,087
20	<i>Epinephelus merra</i>	Serranidae	D	1	0,543
21	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Serranidae	D	1	0,543
22	<i>Siganus virgatus</i>	Siganidae	D	5	2,717
23	<i>Siganus tetrazona</i>	Siganidae	D	1	0,543
24	<i>Siganus javus</i>	Siganidae	D	1	0,543

No.	Spesies	Famili	Stadia	ni	pi (%)
Kelimpahan individu				92	50,000
Nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H')				2,574	
INDICATOR SPECIES					
1	<i>Chaetodon kleinii</i>	Chaetodontidae	D	4	2,174
2	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Chaetodontidae	D	2	1,087
3	<i>Coradion chrysozonus</i>	Chaetodontidae	D	1	0,543
4	<i>Heniochus varius</i>	Chaetodontidae	D	1	0,543
Kelimpahan individu				8	4,348
Nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H')				1,213	
Kelimpahan total individu				184	
Jumlah total spesies				52	
Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') total				3,473	
Nilai indeks dominansi Simpson (D)				0,048	
Nilai indeks kemetaraan spesies Pielou (J)				0,879	

Keterangan

ni = kelimpahan individu ikan; **pi** = persentase kelimpahan individu ikan; **J** = stadia remaja (juvenil); **D** = stadia dewasa

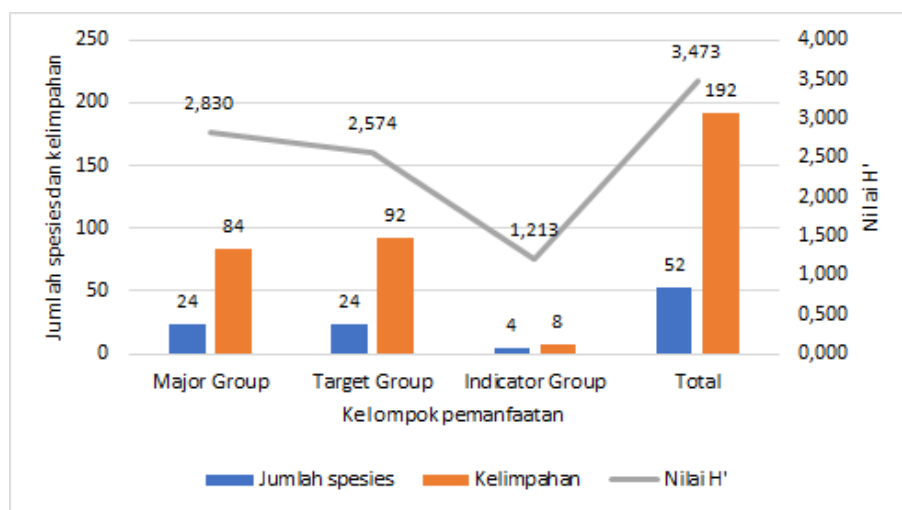


Gambar 5.4 Beberapa spesies ikan dari famili Scaridae, Siganidae dan Mullidae yang terdapat disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada Oktober 2021
(Survei primer, 2021)

Spesies ikan pada keseluruhan koloni rumah ikan dibedakan menjadi beberapa kelompok sebagai berikut;

- Major species*; menyusun 45.652% dari total individu ikan, terdiri atas 24 spesies (46.154% dari total spesies) dari 11 famili, yaitu Balistidae, Centriscidae, Fistulariidae, Labridae, Mullidae, Nemipteridae, Pomacanthidae, Pomacentridae, Serranidae, Tetraodontidae dan Zanclidae
- Target species*; menyusun 50% dari total individu ikan, terdiri atas 24 spesies (46.154%) dari 8 famili, yaitu famili Acanthuridae, Epipphidae, Haemulidae, Lethrinidae, Lutjanidae, Scaridae, Serranidae dan Siganidae
- Indicator species*; menyusun 4.348% dari total individu ikan, terdiri dari 4 spesies (7.69%) dari 3 genera yang berasal dari satu famili saja yaitu Chaetodontidae.

Ikan yang termasuk *major species* merupakan kelompok ikan terbesar dari ikan penghuni terumbu karang, umumnya hidup dalam kelompok besar. Biasanya berukuran kecil dan memiliki pola pewarnaan yang menyolok dan menarik sehingga sering dijadikan sebagai ikan hias. Kelompok ikan-ikan *major species* umumnya ditemukan melimpah, baik dalam jumlah individu maupun jenisnya, serta cenderung bersifat teritorial.



Gambar 5.5 Grafik ilustrasi jumlah spesies, kelimpahan dan nilai indeks diversitas Shannon-Wiener (H') komunitas ikan berdasarkan grup pemanfaatan yang terdapat disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada Oktober 2021
(Data primer, 2021)

Pada Oktober 2021, jumlah spesies ikan *major* adalah setara dengan ikan *target*. Dalam aspek kelimpahan, jumlah individu ikan *major* (84 individu) adalah sedikit lebih rendah dibandingkan dengan ikan *target* (92 individu). Secara alami di ekosistem terumbu karang memang umumnya ikan *major species* merupakan kelompok yang dominan. Akan tetapi, dalam kasus di area rumah ikan (*fish apartment*) yang mana ditujukan untuk *re-stocking* dan peningkatan populasi ikan *target*, maka dimungkinkan bahwa kekayaan spesies dan kelimpahan ikan *major species* akan lebih rendah.

Ikan *major species* yang dominan pada Oktober 2021 adalah *A. strigatus* dengan kelimpahan relatif total adalah 7.609% dari total populasi ikan di 10 koloni rumah ikan. Spesies lain yang dominan atau predomnan adalah *Thalassoma lunare* (F. Labridae, 4.891%), *Mulloidichthys flavolinatus* (F. Mullidae, 4.348%), *Parupeneus macronema* (F. Mullidae) dan *Zanclus cornutus* (F. Zanclidae) masing-masing dengan 3.261%. Komposisi spesies dominan dan predomnan tersebut tampaknya sedikit mengalami perubahan dibandingkan dengan periode April 2021 yang mana didominasi oleh *Chromis viridis* (F. Pomacentridae), *T. lunare*, *Scolopsis margaritifer* (F. Nemipteridae) dan *Parupeneus barberinus* (F. Mullidae).

Kelompok ikan *target species* pada Oktober 2021 adalah serupa dengan April 2021; tetap didominasi oleh *Scarus rivulatus* (F. Scaridae, 14.674%), *Acanthurus auranticavus* dan *Ctenochetus striatus* (keduanya dari famili Acanthuridae) dengan kelimpahan relatif sebesar 5.435 dan 4.348%. Juga terdapat spesies predomnan lain yaitu *Lethrinus microdon* (F. Lethrinidae), *Lutjanus lutjanus* (F. Lutjanidae) dan *Variola albimarginata* (F. Serranidae) masing-masing dengan 3.261% serta spesies *Siganus virgatus* (F. Siganidae) dengan 2.717%.

Untuk kelompok *indicator species* hanya terdiri dari 4 spesies yaitu *Chaetodon kleinii*, *C. vagabundus*, *Coradion chrysozonus* dan *Heniochus varius* yang dijumpai dalam kelimpahan rendah (1-4 individu saja); dan secara keseluruhan hanya menyusun 4.348% dari total populasi ikan.

Berdasarkan informasi dari nelayan pancing lokal, pada area sekitar lokasi transplantasi karang dan peletakan rumah ikan (dalam radius antara 50-100 meter) seringkali tertangkap berbagai spesies ikan ekonomis penting seperti Putih/Kuwe (*Caranx* spp) serta beberapa spesies Kerapu (Serranidae), emperor (*Lethrinidae*), biji nangka atau kuniran (Nemipteridae) dan ikan Kambing/Jenggot (Mullidae). Akan tetapi, keberadaan spesies-spesies tersebut tampaknya bersifat musiman atau periodik, mengingat pada April 2021 secara visual tidak dijumpai adanya individu maupun koloni ikan Carangidae, meskipun beberapa spesies Kerapu, emperor dan ikan Mullidae dapat dijumpai (Tabel 5.1). Carangidae dan Serranidae

diketahui termasuk dalam kelompok ikan pemijah yang bermigrasi (*migratory spawners*).



Gambar 5.6 Beberapa spesies ikan famili Lethrinidae, Serranidae, Mullidae, Balistidae dan Nemipteridae yang tertangkap oleh nelayan lokal dari area disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

Pada tingkat famili, jumlah spesies tertinggi dimiliki oleh famili Serranidae (kerapu) dengan 9 spesies, kemudian famili Nemipteridae (biji nangka atau kuniran) dengan 6 spesies, Mullidae (ikan jenggot/*goatfish*) dan Chaetodontidae (keep-kepe) dengan 4 spesies; serta Labridae (*wrasse*), Scaridae (ikan kakatua) dan Siganidae (baronang) masing-masing dengan 3 spesies. Tercatat 7 famili yang keberadaannya diwakili oleh 2 spesies dan terdapat 5 famili yang diwakili oleh 1 spesies saja. Meskipun hanya diwakili oleh 3 spesies, famili Scaridae memiliki kelimpahan individu tertinggi yaitu sebesar 16.304% dari total populasi ikan. Selanjutnya terdapat famili Mullidae (10.83%), Serranidae (10.326%), Acanthuridae (9.783%) dan Nemipteridae (8.696%).

Pada studi ini, kemelimpahan individu ikan yang termasuk dalam kelompok pemanfaatan *target species* menunjukkan bahwa secara umum, unit rumah ikan yang dipasang telah menunjukkan fungsinya sebagai habitat baru bagi ikan terutama yang bernilai ekonomis dan menjadi target tangkapan nelayan. Pada masa-masa mendatang, diperkirakan bahwa akan semakin banyak spesies yang menjadikan unit rumah ikan sebagai habitat, terutama bila kompleksitas biota sesil yang menempel pada unit rumah ikan juga semakin melimpah.



Aeoliscus strigatus – Centrisidae



Zanclus cornutus – Zanclidae



Pomacanthus imperator –
Pomacanthidae



Chaetodontoplus mesoleucus –
Pomacanthidae



Parupeneus barberinus – Mullidae



Pentapodus emeryii – Nemipteridae

Gambar 5.7 Beberapa spesies ikan yang terdapat di area disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) pada Oktober 2021 (Survei primer, 2021)

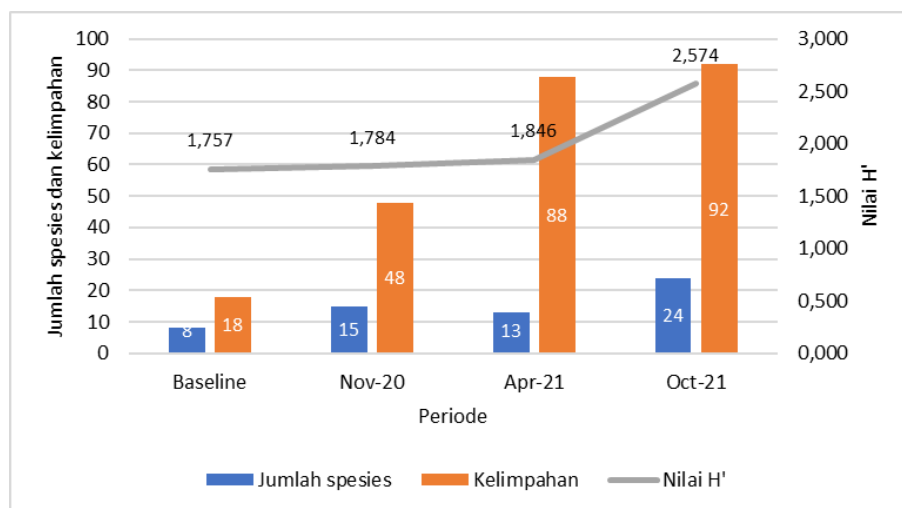
5.2.2 NILAI INDEKS EKOLOGI

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') komunitas ikan disekitar rumah ikan pada Oktober 2021 sebesar 3.473 menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman komunitas ikan karang termasuk kategori ‘TINGGI’ (dimana $3.00 < H' > 1.00$). Nilai tersebut mengalami peningkatan secara signifikan (Gambar 5.8)

dibandingkan dengan April 2021 dimana nilai H' sebesar 2.802 (kategori keanekaragaman 'SEDANG').

Keanekaragaman disusun oleh variasi spesies dan kelimpahan relatif spesies. Bila pada satu komunitas jumlah spesiesnya sedikit dan ada taksa yang mendominasi maka nilai indeks keanekaragamannya akan menjadi rendah. Demikian sebaliknya, bila jumlah spesies banyak dan tidak ada spesies dominan (kelimpahan merata) maka nilai indeks keanekaragaman akan lebih tinggi. Pada Oktober 2021, terjadi peningkatan kekayaan spesies yang signifikan (>50%), juga peningkatan nilai kelimpahan total. Kombinasi dua komponen komunitas tersebut yang pada akhirnya meningkatkan nilai H' .

Khusus untuk kategori ikan target (*target species*) yang menjadi obyek utama program peletakan rumah ikan (*fish apartment*), terjadi peningkatan nilai H' dari sebesar 1.757 pada 2020 kemudian meningkat menjadi 1.784 pada November 2020 (satu minggu setelah peletakan *fish apartment*) dan kembali meningkat menjadi 1.846 pada April 2021 untuk selanjutnya kembali meningkat menjadi 2.574 pada Oktober 2021 (Gambar 5.8). Kondisi tersebut memperkuat asumsi bahwa secara umum unit rumah ikan yang dipasang telah menunjukkan fungsinya sebagai habitat baru bagi ikan terutama yang bernilai ekonomis dan menjadi target tangkapan nelayan.



Gambar 5.8 Grafik ilustrasi dinamika jumlah spesies, kelimpahan dan nilai indeks diversitas (H') komunitas ikan *target species* disekitar unit rumah ikan (*fish apartment*) antara tahun 2020 hingga 2021 (Data primer, 2021)

Hasil analisis pemerataan spesies atau indeks Pielou (J) menunjukkan bahwa nilai indeks pemerataan bernilai 0.879 atau mengalami peningkatan dibandingkan April 2021 ($J = 0.816$). Hal

tersebut menunjukkan bahwa penyebaran spesies dan populasinya dalam komunitas cenderung lebih merata dan tidak terjadi dominansi tinggi oleh beberapa spesies ikan. Nilai J yang semakin tinggi menunjukkan bahwa sebaran populasi jenis dalam komunitas adalah makin merata. Nilai J yang mendekati 0.00 menunjukkan kecenderungan adanya pengaruh faktor lingkungan terhadap kehidupan organisme yang menyebabkan penyebaran populasi tidak merata karena adanya selektifitas dan mengarah pada terjadinya dominansi oleh salah satu atau beberapa jenis ikan. Nilai J yang mendekati 1.00 menunjukkan keadaan lingkungan normal yang ditandai oleh penyebaran populasi yang cenderung merata dan tidak terjadi dominansi.

Akan tetapi, masih terdapat beberapa spesies dominan meskipun nilai dominansinya rendah. Adanya dominansi oleh beberapa spesies ikan juga ditunjukkan melalui hasil perhitungan nilai indeks dominansi Simpson (D) yang bernilai sebesar 0.048 atau mengalami penurunan dibandingkan April 2021 ($D = 0.106$). Nilai D berbanding terbalik dengan nilai J ; semakin kecil nilai D menunjukkan tidak adanya dominansi oleh satu atau beberapa spesies ikan dan sebaliknya, nilai D yang semakin tinggi mendekati 1.00 menunjukkan adanya dominansi yang kuat atau tinggi.

Mengacu pada kriteria kelimpahan ikan terumbu karang menurut COREMAP berdasarkan kelimpahan kelompok ikan *target species*, maka kelimpahan ikan target di lokasi studi termasuk dalam kategori 'SEDIKIT' atau rendah; dimana hanya terdapat 92 individu ikan *target species*. Kondisi ini adalah sama dengan periode April 2021. Meskipun demikian, mengacu pada tren positif peningkatan kekayaan spesies dan kelimpahan individu, maka kriteria kelimpahan ikan terumbu karang disekitar area rumah ikan di masa-masa mendatang diperkirakan juga akan mengalami peningkatan.



BAB VI PENUTUP

6.1 RINGKASAN

Hasil pemantauan karang transplantasi dan rumah ikan (*fish apartment*) periode Oktober 2021 yang telah dilaksanakan dapat diringkas sebagai berikut;

- a. Parameter fisik dan kimia perairan laut yang diukur dalam studi ini (suhu, salinitas, kecerahan, kandungan oksigen terlarut (*dissolved oxygen / DO*) dan derajat keasaman atau pH serta kecepatan arus) masih memenuhi standar sesuai baku mutu yang ditetapkan melalui KepMen LH No. 51 Th. 2004 Lampiran III untuk komunitas terumbu karang
- b. Secara umum seluruh unit terumbu buatan berada dalam kondisi yang baik dan kokoh
- c. Nilai kesintasan fragmen karang transplantasi pada periode Oktober 2021 atau 5 bulan pasca transplantasi adalah sebesar 97.87%
- d. Fragmen karang transplantasi menunjukkan aktivitas yang sehat, ditunjukkan melalui sekresi mukus yang tidak berlebih dan warna polip yang normal (tidak mengalami pemutihan/*bleaching*)
- e. Pertumbuhan linear fragmen karang transplantasi telah berlangsung dengan baik, berupa penambahan panjang atau tinggi koloni, lebar koloni dan penambahan jumlah cabang baru. Pertumbuhan juga terdeteksi melalui penutupan luka bekas potongan pada pangkal fragmen
- f. Unit terumbu buatan mulai memberikan fungsi habitat bagi biota laut yang berasosiasi dengan terumbu karang yaitu:
 1. Tercatat sedikitnya 37 spesies ikan karang yang menjadikan area sekitar terumbu buatan sebagai habitat untuk berlindung dan mencari makan
 2. Telah terjadi rekrutmen oleh biota bentik yaitu ascidian, *turf algae*, crustacea, gastropoda, bivalvia dan Scleractinia (karang keras)
- g. Semua unit rumah ikan berada dalam kondisi yang baik dan masih berdiri dengan kokoh; serta terdapat penempelan oleh *marine growth* seperti *turf*

algae (alga filamen), spons laut, ascidian (misalnya spesies *Didemnum molle* dan *Polycarpa aurata*) serta beberapa spesies *crustose coralline algae* (CCA) dan karang lunak (*soft coral*) serta hydrozoa dan crinoidea (bulu ayam)

- h. Tercatat sejumlah 184 individu ikan dari 52 spesies yang merupakan representasi dari 34 genera dan 19 famili yang terdapat di sekitar unit rumah ikan pada periode Oktober 2021
- i. Spesies ikan dominan di sekitar unit rumah ikan adalah *Scarus rivulatus*, *Acanthurus auranticavus* dan *Ctenochetus striatus* yang merupakan kelompok ikan target serta *Aeoliscus strigatus* dan *Thalassoma lunare* yang merupakan ikan *major species*
- j. Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') komunitas ikan sebesar 3.473 menunjukkan bahwa tingkat keanekaragaman komunitas ikan karang termasuk kategori 'TINGGI'; nilai H' untuk kelompok *major species* adalah 2.830 (SEDANG), ikan *target species* sebesar 2.574 (SEDANG) dan untuk ikan *indicator species* sebesar 1.213 (SEDANG).

6.2 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil pemantauan karang transplantasi dan rumah ikan (*fish apartment*) periode Oktober 2021 antara lain adalah;

- a. Kesintasan fragmen karang hasil transplantasi termasuk tinggi dan semua fragmen karang menunjukkan pertumbuhan yang bagus
- b. Terjadi peningkatan nilai kesintasan karang transplantasi pada Oktober 2021 dibandingkan dengan April 2021
- c. Unit terumbu buatan telah mulai menjadi habitat bagi biota laut yang berasosiasi dengan terumbu karang (misalnya ikan karang dan biota bentik serta rekrutmen karang)
- d. Terjadi peningkatan jumlah spesies dan kelimpahan ikan yang terdapat disekitar unit rumah ikan pada Oktober 2021 (52 spesies, 184 individu) dibandingkan dengan April 2021 (31 spesies, 144 individu) dan November 2020 (19 spesies)
- e. Terjadi peningkatan nilai H' dan tingkat keanekaragaman ikan pada Oktober 2021 (H' 3.473) dibandingkan dengan April 2021 (2.802). Untuk setiap kategori kelompok pemanfaatan khususnya ikan target species juga mengalami peningkatan, dari 1.846 pada April 2021 menjadi 2.574 pada Oktober 2021.

6.3 SARAN DAN REKOMENDASI

Terkait dengan kondisi umum unit terumbu buatan, fragmen karang transplantasi dan unit rumah ikan, maka diharapkan pihak pemrakarsa dan pelaksana dapat melaksanakan upaya-upaya lanjutan sebagai berikut;

- a. Melaksanakan pemantauan secara berkala, yang hasilnya dapat digunakan sebagai bahan evaluasi keberhasilan transplantasi karang dan peletakan rumah ikan yang telah dilaksanakan
- b. Guna meningkatkan keanekaragaman jenis karang sekaligus peningkatan fungsi ekologi terumbu karang, maka manajemen PT Pertamina Gas OEJA dapat menginisiasi dan melaksanakan suatu program pembuatan 'Coral Garden'. Fragmen karang hasil dari program tersebut dapat dijadikan sebagai sediaan bibit untuk program transplantasi karang di masa mendatang.



REFERENSI

- Allen, G.R and R Steene. 1994. Indo-Pacific Coral Reef Field Guide. Singapore: Tropical Reef Research.
- Allen, G.R. 1998. "Pomacentridae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Allen, G.R. 2000. A Field Guide for Anglers and Divers: Marine Fishes of South-East Asia. Singapore: Periplus Editions (HK) Ltd.
- Allen, G., R. Steene, P. Humann and N. Deloach. 2003. Reef Fish Identification. Tropical Pacific. USA: New World Publications Inc. and Odyssey Publishing.
- Anderson, Jr., W.D. and G.R Allen. 1998. "Lutjanidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Bellwood, D.R. 1998. "Scaridae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- BPS Kabupaten Sumenep. 2019. Kecamatan Sapeken Dalam Angka 2019. Sumenep: Badan Pusat Statistik.
- Carpenter, K.E. 1998. "Lethrinidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.

- Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Provinsi Jawa Timur. 2017. Sosialisasi Pembangunan Rumah Ikan Dalam Rangka Pemulihan Sumberdaya Ikan. Surabaya: Bidang Perikanan Tangkap DKP Jawa Timur.
- English, S., C. Wilkinson and V. Baker (ed.). 1994. Survey Manual for Tropical Marine Research. Townsville: ASEAN-Australia Marine Science Project. Australian Institute of Marine Science.
- Fritzche, R.A. and K.G. Thiesfeld. 1998. "Fistulariidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Fritzche, R.A. and K.G. Thiesfeld. 1998. "Centriscidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Heemstra, P.C. 1998. "Ephippidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Heemstra, P.C. and J.E. Randall. 1998. "Serranidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Knapp, L.W. "Platycephalidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Kuiter, R.H and T. Tono-zuka. 2001. Pictorial Guide to: Indonesian Reef Fishes. Seaford, Australia: Zoonetics.
- Matsuura, K. 1998. "Balistidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Matsuura, K. 1998. "Tetraodontidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.

- PT Pertamina Gas OEJA. 2020a. Studi Pendahuluan Kondisi Sosial Ekonomi dan Lingkungan Desa Pagerungan Besar Tahun 2020. Surabaya: PT Pertamina Gas EJA.
- PT Pertamina Gas OEJA. 2020b. Transplantasi Karang di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020. Surabaya: PT Pertamina Gas EJA.
- PT Pertamina Gas OEJA. 2020c. Pembuatan Rumah Ikan (*Fish Apartment*) di Pulau Pagerungan Besar Tahun 2020. Surabaya: PT Pertamina Gas EJA.
- PT Pertamina Gas OEJA. 2021. Perawatan dan Monitoring Terumbu Karang dan Fish Apartment Periode II – Oktober 2021 di Pulau Pagerungan Besar. Surabaya: PT Pertamina Gas EJA.
- Pyle, R. 1998. "Chaetodontidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Randall, J.E. 1998. "Acanthuridae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Randall, J.E. 1998. "Mullidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Randall, J.E. 1998. "Zanclidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Russell, B.C. 1998. "Nemipteridae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Smith-Vaniz, W.F. 1998. "Carangidae" in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 4: Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Suharsono. 1996. **Jenis-jenis Karang yang Umum Dijumpai di Perairan Indonesia**. Jakarta: Proyek Penelitian dan Pengembangan Daerah Pantai, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI.

- Suharsono. 2004. **Jenis-jenis Karang di Indonesia**. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI.
- Supriharyono. 2000. **Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang**. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Veron, J.E.N. 1986. *Corals of Australia and The Indo-Pacific*. Honolulu: Univ. of Hawaii Press.
- Westneat, M.W. 1998. “Labridae” in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. *FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Woodland, D.J. 1998. “Siganidae” in Carpenter, K.E. and V.H Niem (Ed.). 1998. *FAO Species Identification Guide for Fishery Purpose. The Living Marine Resources of The Western Central Pacific. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- <http://google.co.id/maps/>; diakses pada tanggal 30 November 2020
- <http://earth.google.com/>; diakses pada tanggal 30 November 2020
- <http://www.pertagas.pertamina.com/>; diakses pada tanggal 7 Desember 2020

LAPORAN
PERAWATAN DAN MONITORING
TERUMBU KARANG TRANSPLANTASI DAN FISH APARTMENT
Di Pulau Pagerungan Besar
Periode II - Oktober 2021

